

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГОРОДСКОГО
ХОЗЯЙСТВА ИМЕНИ А. Н. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим занятиям и самостоятельной работе
по дисциплине

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТОВ
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

(для студентов 5-6 курсов дневной и заочной форм обучения специальности
7.06010302 – Рациональное использование и охрана водных ресурсов)

Харьков
ХНУГХ им. А. Н. Бекетова
2015

Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине «Оценка воздействия объектов на окружающую среду» (для студентов 5-6 курсов дневной и заочной форм обучения специальности 7.06010302 – Рациональное использование и охрана водных ресурсов) / Харьков. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова; сост.: Е. А. Ковалева. – Харьков : ХНУГХ им. А.Н. Бекетова, 2015. – 76 с.

Составитель: Е. А. Ковалева

Рецензент: доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и очистки вод, к.т.н. Г. И. Благодарная

Утверждено кафедрой водоснабжения, водоотведения и очистки вод, протокол № 6 от 20.12.2013 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	4
СМ 1.1 ОСНОВНЫЕ ЗАДАНИЯ И СТРУКТУРА ОВОС.....	5
ПР №1. Поверхностные воды. Расчет разбавления в водотоках и водоемах. Расчет степени очистки сточных вод.....	5
ПР №2. Разработка нормативов предельно допустимых сбросов (ПДС) вредных веществ в поверхностные водные объекты.....	17
СМ 1.2 ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТА (ОВО) ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ (ОПС).....	34
ПР №3. Грунтовые воды. Основные характеристики гидрогеологических систем. Построение карты гидроизогипс. Построение и анализ гидрогеологических разрезов. Баланс и химический состав подземных вод.....	34
ПР №4. Атмосфера. Источники загрязнения атмосферы. Установление нормативов ПДВ. Расчет загрязнения атмосферы вредными веществами.....	47
Указания к самостоятельной работе студентов.....	65
Список источников.....	66
Приложения.....	67

ВВЕДЕНИЕ

Оценка воздействия на окружающую среду является одним из важнейших способов и инструментов управления и регулирования природопользования, играющим главнейшую роль в предупреждении возникновения экологических проблем в настоящем и будущем.

В современном понимании ОВОС – это прежде всего систематический процесс, охватывающий как планирование (проектирование), так и осуществление (реализацию) намечаемой деятельности. Он включает (не в порядке проведения) следующие основные составляющие:

- ✓ анализ (прогноз) потенциальных воздействий намечаемой деятельности на окружающую среду и оценку их значимости на всех этапах ее планирования и реализации;
- ✓ консультации с заинтересованными в экологических, социальных, экономических и иных аспектах планируемой деятельности сторонами с целью поиска взаимоприемлемых решений;
- ✓ документальное оформление процедуры проведения оценки, всех согласований (обсуждений, консультаций) и результатов оценки воздействия;
- ✓ использование результатов оценки воздействий в процессе принятия решений, относящихся к намечаемой деятельности.

Эффективная система ОВОС базируется на следующих основополагающих принципах:

- ✓ демократичность – обеспечение участия и доступа к процессу ОВОС для всех заинтересованных сторон;
- ✓ прозрачность – все решения по ОВОС и основания для их принятия должны быть открыты и доступны для участников процесса;
- ✓ определенность – процедура и временные рамки оценки должны предварительно согласовываться и соблюдаться всеми участниками;
- ✓ подотчетность – лица, принимающие решение, подотчетны всем заинтересованным сторонам за свои действия и решения, принимаемые в процессе оценки;
- ✓ надежность – оценка выполняется профессионально и объективно;
- ✓ целесообразность (рентабельность) – процесс ОВОС и его результаты обеспечивают защиту окружающей среды с наименьшими затратами для общества;
- ✓ гибкость – возможность адаптации процесса ОВОС с учетом специфики объекта, для оценки воздействия которого она используется;
- ✓ практическая применимость – информация и результаты, полученные в процессе оценки, должны быть использованы при планировании и принятии решений.

Результаты оценки воздействия являются основой для принятия решений о целесообразности осуществления планируемой деятельности.

СМ 1.1 ОСНОВНЫЕ ЗАДАНИЯ И СТРУКТУРА ОВОС

ПР №1. Поверхностные воды. Расчет разбавления в водотоках и водоемах. Расчет степени очистки сточных вод

1.1 Общие положения

Работа промышленных предприятий связана с потреблением воды. Вода используется в технологических и вспомогательных процессах или входит составной частью выпускаемой продукции. При этом образуются сточные воды, которые подлежат сбросу в близлежащие водные объекты.

Сточные воды можно сбрасывать в водные объекты, при условии соблюдения гигиенических требований применительно к воде водного объекта в зависимости от вида водопользования.

В соответствии с «Правилами охраны поверхностных вод», все водные объекты подразделяются на два вида водопользования:

I вид - хозяйственно-питьевое и культурно-бытовое водопользование;

II вид - рыбохозяйственное водопользование.

Каждый вид водопользования разделен еще и на категории.

Хозяйственно-питьевое и культурно-бытовое водопользование.

I категория - водные объекты, используемые в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности.

II категория - водные объекты, используемые для купания, занятия спортом и отдыха населения.

Рыбохозяйственное водопользование. Высшая категория - места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям особо ценных и ценных видов рыб и других промысловых водных организмов;

I категория - водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода;

II категория - водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

При сбросе сточных вод в водные объекты нормы качества воды водного объекта в расчетном створе, расположенном ниже выпуска сточных вод, должны соответствовать санитарным требованиям в зависимости от вида водопользования.

Нормы качества воды водных объектов включают:

- ✓ общие требования к составу и свойствам воды, водных объектов в зависимости от вида водопользования;
- ✓ перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) нормированных веществ в воде водных объектов для различных видов водопользования.

В расчетном створе вода должна удовлетворять нормативным требованиям. В качестве норматива используется предельно допустимая концентрация — *ПДК*.

Все вредные вещества, для которых определены ПДК, подразделены по *лимитирующим показателям вредности (ЛПВ)*. Принадлежность веществ к одному и тому же ЛПВ предполагает суммацию действия этих веществ на водный объект.

Для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования отвечают три ЛПВ: санитарно-токсикологический, общесанитарный и органолептический.

Для рыбохозяйственных: санитарно-токсикологический, токсикологический, рыбохозяйственный, общесанитарный, органолептический.

Вещества, концентрация которых изменяется в воде водного объекта только путем разбавления, называются *консервативными*; вещества, концентрация которых изменяется как под действием разбавления, так и вследствие протекания различных химических, физико-химических и биологических процессов - *неконсервативными*.

Процессы, изменяющие характер веществ, поступающих в водные объекты, называют *процессами самоочищения*. Совокупность разбавления и самоочищения составляют *обезвреживающую способность водного объекта*.

Представим ситуацию, когда промышленное предприятие сбрасывает сточные воды после технологического процесса (рис. 1.1).

При сбросе сточных вод в водные объекты хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования расчетный створ должен устанавливаться на водотоках в одном километре выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территории населенного пункта и т. п.), а на непроточных водоемах и водохранилищах - в одном километре в обе стороны от пункта водопользования.

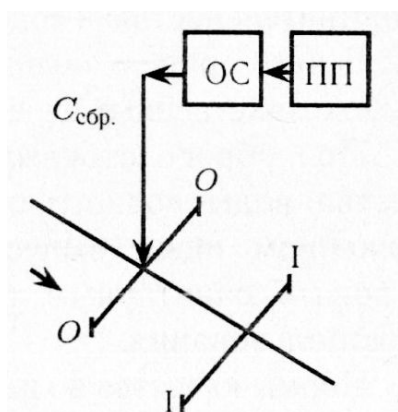


Рисунок 1.1 – Ситуационная схема для расчета условий сброса сточных вод:

O-O – нулевой створ;

I-I – расчетный створ;

ПП – промышленное предприятие;

ОС – очистное сооружение

При сбросе сточных вод в водные объекты рыбохозяйственного водопользования расчетный створ определяется в каждом конкретном случае областной администрацией по представлению вышестоящих органов, но не далее чем в 500 м от места сброса сточных вод.

Таким образом, для разных видов водопользования качество воды водного объекта, при сбросе в него сточных вод, должно соответствовать в расчетном створе (рис. 1.2а, 1.2б).

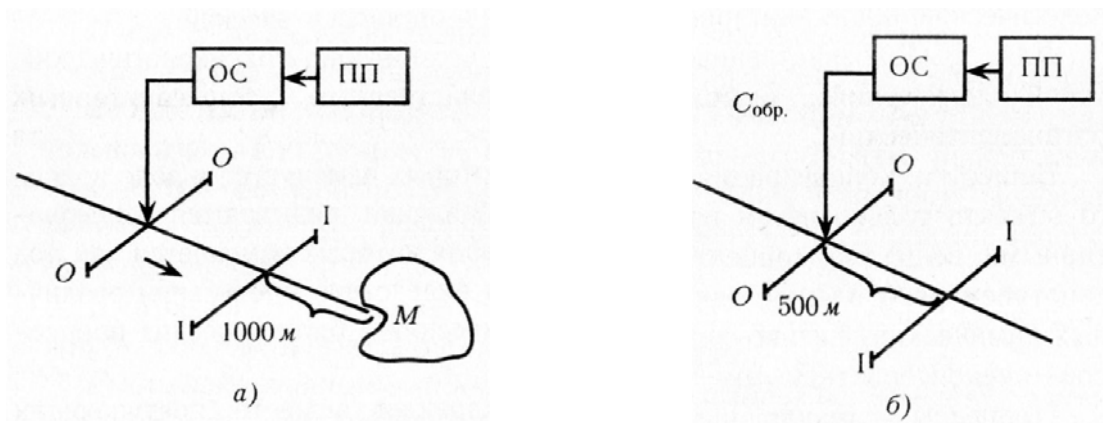


Рисунок 1.2 – Ситуационная схема для водотока:
 а) – культурно-бытового (M – населенный пункт);
 б) – рыбохозяйственного водопользования

При сбросе сточных вод в водные объекты санитарное состояние водного объекта в расчетном створе считается удовлетворительным, если соблюдается следующее условие:

$$\sum_{i=1}^Z \frac{C_{pc}^z}{C_{ПДК}^z} \leq 1, \quad (1.1)$$

где C_{pc}^z – концентрация i -го вещества в расчетном створе при условии одновременного присутствия Z веществ, относящихся к одному и тому же ЛПВ; $i = 1, 2, \dots, Z$;

Z – количество веществ с одинаковым ЛПВ;

$C_{ПДК}^z$ – предельно допустимая концентрация z -го вещества.

Основной механизм снижения концентрации загрязняющего вещества при сбросе сточных вод в водные объекты - разбавление.

В практике расчетов используют понятие – *кратность разбавления*. Кратность разбавления в водотоке у расчетного створа выражается зависимостью:

$$n = \frac{\gamma \cdot Q + q}{q}, \quad (1.2)$$

где γ – коэффициент смешения, показывающий, какая часть воды водотока участвует в разбавлении;

q – максимальный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{с}$;

Q – расчетный минимальный расход воды водотока в контрольном створе, $\text{м}^3/\text{с}$.

При определении кратности разбавления сбрасываемых сточных вод водой водотока расчетный расход Q принимается при следующих условиях:

- ✓ для незарегулированных водотоков – расчетный минимальный среднемесячный расход воды 95%-й обеспеченности;

- ✓ для зарегулированных водотоков – установленный гарантированный расход ниже плотины (санитарный пропуск) с учетом исключения возможных обратных течений в нижнем бьефе;
- ✓ расчетный расход может быть получен в установленном порядке в органах Укргидромета.

1.2 Расчет разбавления в водотоках и водоемах

Наибольшее распространение получил метод Фролова-Родзиллера для водотоков. Этот метод применим для больших и средних водотоков. В соответствии с этим методом определяется коэффициент смешения, который находят:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}, \quad (1.3)$$

где Q – среднемесячный расход воды водотока 95%-й обеспеченности,
 q – максимальный расход сточных вод, подлежащих сбросу в водоток, м³/с;

L – расстояние по фарватеру водотока от места выпуска до расчетного створа, м;

α – коэффициент, зависящий от гидравлических условий смешения:

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{q}}, \quad (1.4)$$

где ξ – коэффициент, зависящий от расположения выпуска сточных вод в водоток: при выпуске у берега $\xi = 1$, при выпуске в фарватер $\xi = 1,5$;

φ – коэффициент извилистости водотока, т.е. отношение расстояния между рассматриваемыми створами водотока по фарватеру к расстоянию по прямой;

D – коэффициент турбулентной диффузии.

Для равнинных рек и упрощенных расчетов, коэффициент турбулентной диффузии находят по формуле М.В. Потапова:

$$D = \frac{V_{cp} \cdot H_{cp}}{200}, \quad (1.5)$$

где V_{cp} – средняя скорость течения водотока на интересующем нас участке между нулевым и расчетным створами, м/с;

H_{cp} – средняя глубина на этом участке, м.

Для детальных расчетов D определяется:

$$D = \frac{g \cdot H_{cp} \cdot V_{cp}}{M \cdot C}, \quad (1.6)$$

где H_{cp} – средняя глубина на рассматриваемом участке, м;

V_{cp} – средняя скорость течения водотока на участке, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

C – коэффициент Шези, м^{1/2}/с;

M – коэффициент, зависящий от C .

При условии: $10 < C < 60$ $M = 0,7C + 6$; при $C \geq 60$ $M = 48 = \text{const}$.

Произведение MC имеет размерность м/с².

При переменных гидравлических условиях на отдельных участках распространения сточных вод до расчетного створа коэффициент турбулентной диффузии определяется для каждого участка по выражению (1.6), а затем для всей расчетной длины по соотношению:

$$D = \frac{D_1 L_1 + D_2 L_2 + \dots + D_n L_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n}, \quad (1.7)$$

где D_1, D_2, D_n – коэффициенты турбулентной диффузии отдельных участков;

L_1, L_2, L_n – протяженность отдельных участков.

При решении задач о распространении и транспорте растворенных и взвешенных веществ в естественных потоках В.М. Маскавеевым предложены уравнения:

$$\frac{dc}{dt} = D \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) - U \frac{\partial c}{\partial y}, \quad (1.8)$$

$$\frac{dc}{dt} = \frac{\partial c}{\partial t} + V_x \frac{\partial c}{\partial x} + V_y \frac{\partial c}{\partial y} + V_z \frac{\partial c}{\partial z}, \quad (1.9)$$

где C – концентрация загрязняющего вещества в воде, мг/л;

t – время, с;

U – гидравлическая крупность взвешенных веществ, м/с (для растворенных веществ $U = 0$ и уравнение записывается без последнего члена);

V_x, V_y, V_z – компоненты скорости течения (м/с) относительно координат x, y, z (м). Ось x направлена по течению потока, ось y – от поверхности ко дну, ось z – по ширине потока;

D – коэффициент турбулентной диффузии (м²/с).

А.В. Караушевым разработаны детальные методы решения уравнения турбулентной диффузии, позволяющие получать поле концентрации загрязняющего вещества в пределах всего рассматриваемого участка, от места сброса сточных вод до контрольного створа.

Уравнение (1.8) может быть существенно упрощено, например, в случае рассмотрения задачи распространения загрязнения в воде в одной какой-либо плоскости. Например, в горизонтальной, когда решается т.н. *плоская* задача, уравнение запишется в виде:

$$V_x \frac{\partial c}{\partial x} = D \frac{\partial^2 c}{\partial z^2}. \quad (1.10)$$

Эта задача возникает, в частности, в том случае, когда по вертикальной оси перемешивание загрязняющих веществ с водой происходит очень быстро, поперечные течения отсутствуют и интересно проследить распространение

загрязняющих веществ по ширине потока на различных расстояниях от места сброса сточных вод.

Используемые при расчете граничные условия основаны на принципе сохранения вещества, учитывающие, что перенос загрязняющего вещества через поверхность, ограничивающую поток жидкости, равен нулю, т.е. для береговой черты потока граничные условия запишутся в виде:

$$D \frac{\partial c}{\partial x} = 0. \quad (1.11)$$

Поскольку коэффициент D не может равняться нулю ($D \neq 0$), то выражение (1.11) приобретает вид:

$$\frac{\partial c}{\partial z} = 0. \quad (1.12)$$

Начальные условия могут задаваться либо в виде распределения концентрации загрязняющего вещества на начальном поперечнике, либо в виде расхода и концентрации поступающего в водный объект загрязняющего вещества с указанием места его поступления.

Уравнение (1.10) можно записать в форме конечных разностей. Содержащиеся в нем дифференциалы ∂c , ∂x , ∂z заменяются конечными приращениями Δc , Δx , Δz .

Уравнение (1.10) приобретает вид:

$$\frac{\Delta_x C}{\Delta X} = \frac{D_{cp}}{V_{cp}} \cdot \frac{\Delta_z^2}{\Delta Z^2}. \quad (1.13)$$

Для расчета турбулентной диффузии всю расчетную область потока делим плоскостями, параллельными координатным, на расчетные клетки – элементы. По оси X таких элементов k , по оси Z – m . Каждому элементу присваивается свой индекс по соответствующим осям координат.

Изменение индекса на единицу показывает переход от одного элемента к соседнему. Значениям концентрации в каждом элементе присваиваются те же индексы (рис. 1.3).

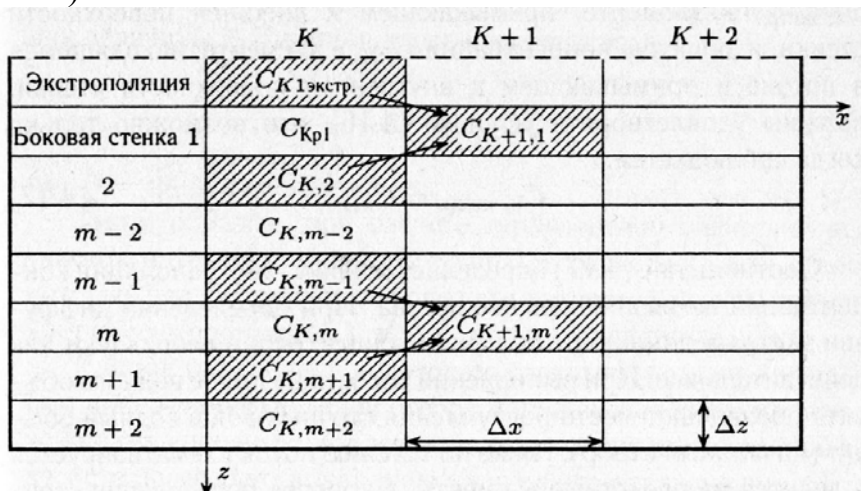


Рисунок 1.3 – Сетка к расчету турбулентной диффузии для условий плоской задачи

Расчетное уравнение, позволяющее определять распространение концентрации загрязняющего вещества по длине и ширине потока, т.е. для условий плоской задачи, записывается в виде:

$$C_{k+1,m} = 0,5 \cdot (C_{k-1,m} + C_{k,m+1}). \quad (1.14)$$

Значения ΔX и ΔZ связаны зависимостью:

$$\Delta X = \frac{V_{cp} \cdot \Delta Z^2}{2D}. \quad (1.15)$$

Коэффициент турбулентной диффузии определяется по формуле (1.6).

Когда загрязняющее вещество достигнет граничных поверхностей потока, для расчета диффузии необходимо учитывать особые условия у стенок, уравнение (1.12), которое в конечных разностях запишется в виде:

$$\left(\frac{\Delta C}{\Delta Z} \right)_{\text{граничная поверхность}} = 0. \quad (1.16)$$

Поле концентраций и расчетную сетку можно условно распространить и за пределы потока (за стенку), т.е. проэкстраполировать концентрацию за ограничивающую водный поток поверхность.

При этом экстраполяционное значение концентрации $C_{k,экстр.}$ в элементе, примыкающем к внешней поверхности стенки, и значение концентрации $C_{k,1}$ в элементе, находящемся в потоке и примыкающем к внутренней поверхности стенки, должны удовлетворять условию (1.16), что возможно только когда соблюдается:

$$C_{k,экстр.} = C_{k,1}. \quad (1.17)$$

Соотношение (1.17) определяет правило экстраполяции концентрации загрязняющего вещества. При определении диффузии экстраполяционные значения концентрации используют как действительные. При выполнении расчета на плане водного объекта обозначают место поступления сточных вод в водный объект (начальный створ). Ниже по течению поток схематизируется и делится на расчетные элементы. Скорость поступления сточных вод в водный объект в месте сброса V_{cm} принимается равной скорости течения водотока V_{cp} .

Вычисляется условная площадь поперечного сечения притока δ в месте его впадения по формуле:

$$\delta = \frac{q_{cm.}}{V_{cp.}}. \quad (1.18)$$

Определение ширины загрязненной струи потока b в нулевом створе производят по формуле:

$$b = \frac{\delta}{H_{cp}} = \frac{q_{cn}}{H_{cp} \cdot V_{cp}}. \quad (1.19)$$

В соответствии с величиной b назначается ширина расчетного элемента ΔZ .

Наиболее допустимая величина ΔZ при береговом сбросе сточных вод находится из соотношения:

$$b = \frac{\delta}{H_{cp}} = \frac{q_{cn}}{H_{cp} \cdot V_{cp}}. \quad (1.20)$$

При выпуске сточных вод на некотором расстоянии от берега или в фарватере величина ΔZ находится из соотношения:

$$\Delta Z = \frac{b}{2} = \frac{q_{cn}}{2 \cdot V_{cp} \cdot H_{cp}}. \quad (1.21)$$

Необходимо соблюдать условие, при котором при назначении величины ΔZ выполнялось неравенство:

$$\Delta Z \leq \frac{1}{10} B, \quad (1.22)$$

где B – ширина водотока.

Таким образом, при расчете турбулентной диффузии весь участок потока (от нулевого створа до расчетного или створа, который нас интересует по условиям решаемой задачи) делят на клетки со сторонами ΔX и ΔZ , получая расчетную сетку.

Клетки, попавшие в водоток со сточными водами в начальном поперечнике (нулевой створ), заполняются числами, выражающими концентрацию загрязняющего вещества в сточной воде, остальные клетки заполняются числами, отражающими естественную концентрацию загрязняющего вещества в водотоке (в частном случае это может быть нулевая концентрация).

Если протяженность интересующего участка водотока велика, а размеры клеток малы, то расчет ведут до определенного створа, после чего клетки в сечении объединяют (укрупняют), получая новые средние значения концентрации загрязняющего вещества и новые линейные параметры клетки. Значения концентраций загрязняющего вещества получают как среднее арифметическое из суммы концентраций объединенных клеток.

Укрупнение клеток можно повторять несколько раз, начиная с определенного раствора.

При сбросе сточных вод в водоемы расчет разбавления сточных вод производят по методу Н.Н. Лапшева. Этот метод применим для рассеивающих и сосредоточенных выпусков при следующих допущениях:

- ✓ скорость истечения сточных вод в водоем должна быть более 2 м/ч;
- ✓ выпуск сточных вод находится на некотором удалении от берега и относительная глубина в месте установки выпуска $\frac{H}{d_0}$ должна быть более 30:

H – глубина водоема в месте установки выпуска, м; d_0 – диаметр выпуска, м.

Наименьшее разбавление, наблюдающееся на расстоянии L от места выпуска, определяется по выражению:

$$n = A \cdot \left(\frac{0,2 \cdot L}{d_0} \right)^{P \cdot S}, \quad (1.23)$$

где A – параметр, определяющий изменение разбавления при применении различных конструкций выпуска. При сосредоточенном выпуске $A = 1$;

P – параметр, зависящий от скорости проточности водоема и нагрузки на него сточных вод;

S – параметр, зависящий от относительной глубины водоема. При этом предполагаются два случая:

1) когда движение воды в водоеме определяется стоком, параметр P рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{L_B \cdot \omega_0}{0,000015 \cdot \beta_B \cdot W_0 + L_B \cdot \omega_0}, \quad (1.24)$$

где L_B – длина водоема от места выпуска сточных вод в направлении стокового течения, м;

ω_0 – суммарная площадь выпускных отверстий, м²;

β_B – период обмена воды в водоеме, годы;

W_0 – объем сбрасываемых сточных вод в течение года, м³/год.

2) если течение в водоеме определяется нагонными ветрами и скорость этого течения известна, то параметр P рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{V_n}{0,000015 \cdot V_0 + V_n}, \quad (1.25)$$

где V_n – скорость течения в водоеме, м/с;

V_0 – скорость истечения сточных вод из выпуска, м/с.

Параметр S рассчитывается по формуле:

$$S = 0,875 + \frac{0,325 \cdot H}{360 + \left(\frac{V_n}{V_0} \right) 10^5}, \quad (1.26)$$

где H – глубина водоема в месте выпуска, м. Параметр $S \leq 1$.

1.3 Расчет необходимой степени очистки сточных вод

При выпуске сточных вод в водные объекты необходимо, чтобы вода водного объекта в расчетном створе удовлетворяла санитарным требованиям в соответствии с неравенством (1.1). Для достижения данного условия необходимо заранее рассчитать предельные концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, с которыми эта вода может быть сброшена в водный объект.

Основные методы расчета предельных концентраций очищенных сточных вод приведены ниже.

1.3.1. Расчет необходимой степени очистки сточных вод по содержанию взвешенных веществ

Концентрацию взвешенных веществ в очищенной сточной воде, разрешенной к сбросу в водный объект, определяют из выражения:

$$C_{оч} = P \cdot \left(\frac{\gamma \cdot Q}{q} + 1 \right) + C_{\phi}, \quad (1.27)$$

где C_{ϕ} – концентрация взвешенных веществ в воде водного объекта до сброса сточных вод, мг/л;

P – разрешенное санитарными нормами увеличение содержания взвешенных веществ в воде водного объекта в расчетном створе (табл. 1.9).

Рассчитав необходимую концентрацию взвешенных веществ в очищенной сточной воде ($C_{оч}$) и зная концентрацию взвешенных веществ в сточной воде, поступающей на очистку ($C_{см}$), определяют требуемую эффективность очистки сточных вод по взвешенным веществам по формуле:

$$\mathcal{E}_{взв} = \frac{C_{см} - C_{оч}}{C_{см}} \cdot 100\%. \quad (1.28)$$

1.3.2 Расчет необходимой степени очистки сточных вод по содержанию растворенного кислорода

В соответствии с «Правилами» (табл. 1.9) содержание растворенного кислорода в водном объекте в результате сброса в него сточных вод не должно быть менее 4 мг/дм³ или 6 мг/дм³ в зависимости от вида водопользования и времени года.

Расчет ведут по $БПК_{полн}$ в очищенных сточных водах ($L_{полн}^{см}$) из условия сохранения растворенного кислорода:

$$L_{полн}^{см} = \frac{\gamma \cdot Q}{0,4 \cdot q} \cdot (O^e - 0,4 \cdot L_{полн}^e - O) - \frac{O}{0,4}, \quad (1.29)$$

где Q – расход воды водотока, м³/сут;

γ – коэффициент смешения;

O^e – содержание растворенного кислорода в водотоке до места выпуска сточных вод, г/м³;

q – расход сбрасываемых сточных вод, м³/сут;

$L_{полн}^e$ – полное биохимическое потребление кислорода водой водотока, г/м³;

$L_{полн}^{см}$ – полное биохимическое потребление кислорода сточной водой, допустимой к сбросу, г/м³;

O – минимальное содержание растворенного кислорода водного объекта, принимаемое равным 4 или 6 г/м³;

0,4 – коэффициент для пересчета $БПК_{полн}$ в $БПК_2$.

1.3.3 Расчет необходимой степени очистки сточных вод по $BPK_{полн}$ смеси воды водного объекта и сточных вод

При сбросе сточных вод в водные объекты снижение концентрации органических веществ происходит как за счет разбавления, так и благодаря процессам самоочищения. При протекании процесса самоочищения скорость изменения BPK пропорциональна количеству кислорода, потребного для биологического окисления органических веществ.

Расчет ведут по величине $BPK_{полн}$ сточных вод, допустимых к отводу в водные объекты:

$$L_{см} = \frac{\gamma \cdot Q}{q \cdot 10^{-k_{см}t}} \cdot (L_{ПДК} - L_{\epsilon} \cdot 10^{-k_{\epsilon}t}) + \frac{L_{ПДК}}{10^{-k_{см}t}}, \quad (1.30)$$

где γ – коэффициент смешения;

Q – расход воды в водотоке, m^3/c ;

q – расход сточных вод, m^3/c ;

$k_{см}$, k_{ϵ} – константы скорости потребления кислорода соответственно сточной водой и водой водного объекта;

$L_{ПДК}$ – значение допустимой концентрации $BPK_{полн}$ смеси сточных вод и воды водного объекта в расчетном створе, mg/l ;

L_{ϵ} – $BPK_{полн}$ воды водного объекта до места выпуска сточных вод, mg/l ;

t – длительность перемещения воды от места сброса до расчетного створа, сут.

1.3.4 Расчет допустимой температуры сточных вод перед сбросом их в водные объекты

Расчет ведут исходя из условий, что температура воды водного объекта не должна повышаться более величины, оговоренной «Правилами...» в зависимости от вида водопользования (табл. 1.9).

Температура сточных вод, разрешенных к сбросу, должна удовлетворять условию:

$$T_{см} \leq n \cdot T_{дон} + T_{\epsilon}, \quad (1.31)$$

где $T_{дон}$ – допустимое повышение температуры;

T_{ϵ} – температура воды водного объекта до места сброса сточных вод.

1.3.5 Расчет необходимой степени очистки сточных вод по вредным веществам

Все вредные вещества, для которых определены значения ПДК, подразделены на лимитирующие показатели вредности (ЛПВ) в зависимости от вида пользования.

Санитарное состояние водного объекта в результате сброса сточных вод считается удовлетворительным, если вещества, входящие в определенный ЛПВ,

будут содержаться в концентрациях, удовлетворяющих условию (1.1). Из неравенства (1.1) следует, что каждое вредное вещество, входящее в ЛПВ, при условии одновременного присутствия i -веществ, может присутствовать в расчетном створе в концентрациях не более, чем:

$$C'_{pc} \leq C_{ПДК}^z \cdot \left(1 - \sum_{i=1}^{z-1} \frac{C_{pc}^i}{C_{ПДК}^i} \right), \quad (1.32)$$

где C'_{pc} – значение концентрации вредного вещества в расчетном створе при условии одновременного присутствия z -веществ с одинаковым ЛПВ;

C_{pc}^z – фактическая или расчетная концентрация z -го вещества в расчетном створе;

$C_{ПДК}^z$ – предельно допустимая концентрация z -го вещества.

Концентрацию каждого из z -го веществ в очищенных сточных водах, при условии соблюдения неравенства (1.1), можно определить из выражения:

$$C_{оч}^z \leq n \cdot (C_{pc}^z - C_{\theta}^z) - C_{\theta}^z, \quad (1.33)$$

где $C_{оч}^z$ – концентрация z -го вещества в очищенной воде перед сбросом в водный объект, при условии одновременного присутствия веществ с одинаковым ЛПВ;

C_{pc}^z – концентрация z -го вещества в расчетном створе;

C_{θ}^z – концентрация z -го вещества в водном объекте до места сброса сточных вод;

n – кратность разбавления сточных вод.

Используя уравнение эффективности очистки (1.28), найдем значение $C_{оч}^z$ для каждого из веществ, относящихся к этой группе ЛПВ:

$$C_{оч}^z = \left(1 - \frac{\mathcal{E}_z}{100} \right) \cdot C_{см}^z, \quad (1.34)$$

где $C_{см}^z$ – концентрация z -го вещества в сточной воде, поступающей на очистку;

\mathcal{E}_z – эффективность очистки z -го вещества.

Приравнявая правые части уравнений (1.33, 1.34), определяем максимально допустимую концентрацию z -го вещества в расчетном створе:

$$C_{pc}^z = \frac{1}{n} \cdot \left(1 - \frac{\mathcal{E}_z}{100} \right) \cdot C_{см}^z + \frac{n-1}{n} \cdot C_{\theta}^z. \quad (1.35)$$

Вычислив значение C_{pc}^z для каждого из веществ, входящего в определенный ЛПВ, и подставив в выражение (1.1), получим расчетную формулу для определения степени очистки:

$$\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^z \left(1 - \frac{\mathcal{E}_i}{100} \right) \cdot \frac{C_{см}^i}{C_{ПДК}^i} + \frac{n-1}{n} \cdot \sum_{i=1}^z \frac{C_{\theta}^i}{C_{ПДК}^i} \leq 1. \quad (1.36)$$

Практика работы очистных сооружений показывает, что вещества, входящие в определенный ЛПВ, очищаются не одинаково. Поэтому определение эффективности очистки должно быть выполнено для вещества, наиболее трудно выводимого из сточных вод. Остальные вещества, как более легко выводимые, будут заведомо иметь больший эффект очистки.

Эффективность очистки трудно удаляемого вещества определяется из выражения:

$$\mathcal{E}_z = \left(1 - \frac{1 - \frac{n-1}{n} \cdot \sum_1^z \frac{C_{\theta}^z}{C_{ПДК}^z}}{\frac{1}{n} \cdot \sum_1^z \frac{C_{cm}^z}{C_{ПДК}^z}} \right) \cdot 100\%. \quad (1.37)$$

ПР №2. Разработка нормативов предельно допустимых сбросов (ПДС) вредных веществ в поверхностные водные объекты

Одна из важнейших проблем рационального природопользования - проблема регулирования природной среды. Решение этой проблемы предопределяет различные подходы, в том числе - ограничение сбросов загрязняющих веществ в водные объекты, основанное на обязательном соблюдении норм качества водной среды.

С этой целью разработана правовая и организационная основа расчета - установление предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ в водный объект.

В соответствии с ГОСТ 17.1.1.01-77, под **предельно допустимым сбросом (ПДС)** веществ в водный объект понимается масса веществ в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.

Величины ПДС разрабатываются и утверждаются для действующих и проектируемых предприятий-водопользователей.

Нормативы предельно допустимых сбросов вредных веществ в водные объекты, образующихся либо используемых в процессе производства и хозяйственной деятельности водопользователя, устанавливаются для каждого выпуска сточных вод, исходя из условий недопустимости превышения предельно допустимых концентраций вредных веществ в установленном контрольном створе или на участке водного объекта с учетом его целевого использования, а при превышении ПДК в контрольном створе - исходя из условий сохранения (не ухудшения) состава и свойств воды в водных объектах, сформировавшихся под воздействием природных факторов.

Разработанные нормативы ПДС согласовываются водопользователями с территориальными органами Госкомэкологии Украины, санитарно-эпидемиологического надзора Минздрава Украины, Укрgridромета,

территориальными (бассейновыми) органами управления использованием и охраной рыбных ресурсов.

Утвержденные нормативы ПДС действительны на период, установленный территориальными (бассейновыми) органами МПР Украины по согласованию с территориальными органами Госкомэкологии Украины, санитарно-эпидемиологического надзора Минздрава Украины, Укргидромета, территориальными (бассейновыми) органами управления использованием и охраной рыбных ресурсов, после чего подлежат пересмотру.

2.1 Характеристика современного состояния водного объекта (участка водного объекта)

В разделе указываются гидрологические условия и фоновые показатели качества вод, необходимые для расчета ПДС, наименование и характеристика водного объекта с указанием бассейна, категория использования водного объекта.

Гидрологические условия характеризуются по типам водных объектов и их природным особенностям, согласно требованиям ГОСТ 17.1.1.02-77, а также выбираются из условий решения конкретных задач и выбора моделей расчета ПДС. При наличии измеренных режимов необходимо указать время года и режим реки.

Качественные и количественные показатели состояния поверхностных вод приводятся в створе водозабора и выше выпуска сточных вод и представляются в форме табл. 2.1.

Таблица 2.1

Участок реки, створ	Год	Расход воды, м ³ /сут	Загрязняющее вещество	Степень загрязненности (превышение ПДК)	Источники загрязнения (расположенные выше по течению)

2.2 Общие сведения о предприятии

В разделе приводятся:

Почтовый адрес предприятия, количество промплощадок с указанием количества выпусков на каждой площадке и категории сточных вод на этих выпусках;

Название водного объекта (с указанием бассейна), принимающего сточные воды предприятия и граничащих с ним характерных объектов: мест водозабора, зон отдыха и купания, других предприятий, сельскохозяйственных угодий и т.д.

Карта-схема предприятия с нанесенными на нее сетями водных коммуникаций и очистных сооружений, указанием мест выпусков и водозаборов (рис. 2.1).

Ситуационная карта-схема района размещения предприятия с указанием местоположения предприятия относительно водного объекта, указанием водоохранной зоны в районе предприятия, характерных объектов (мест водозабора, зон отдыха и купания и т.д.) (рис. 2.2).

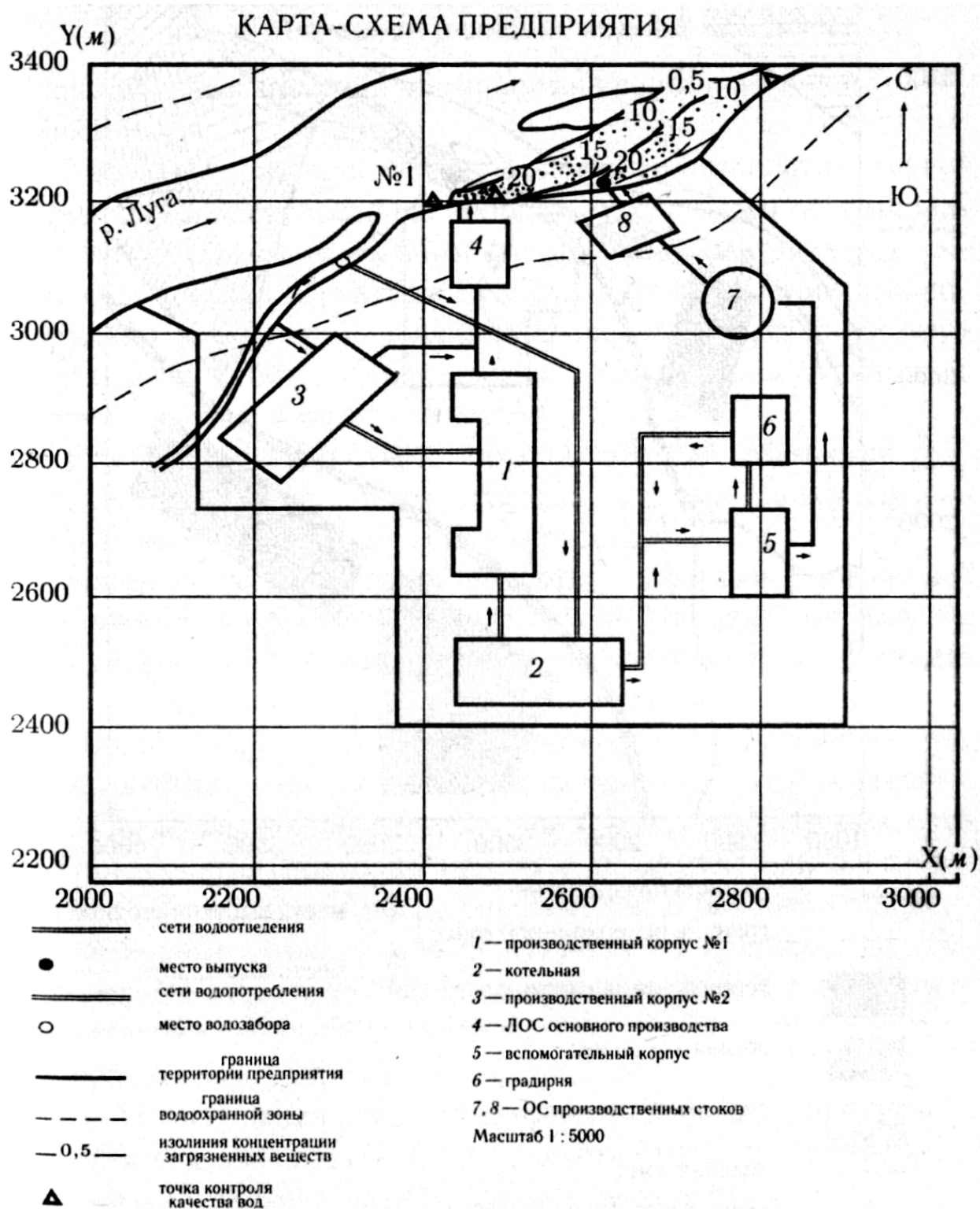


Рисунок 2.1 – Карта-схема предприятия

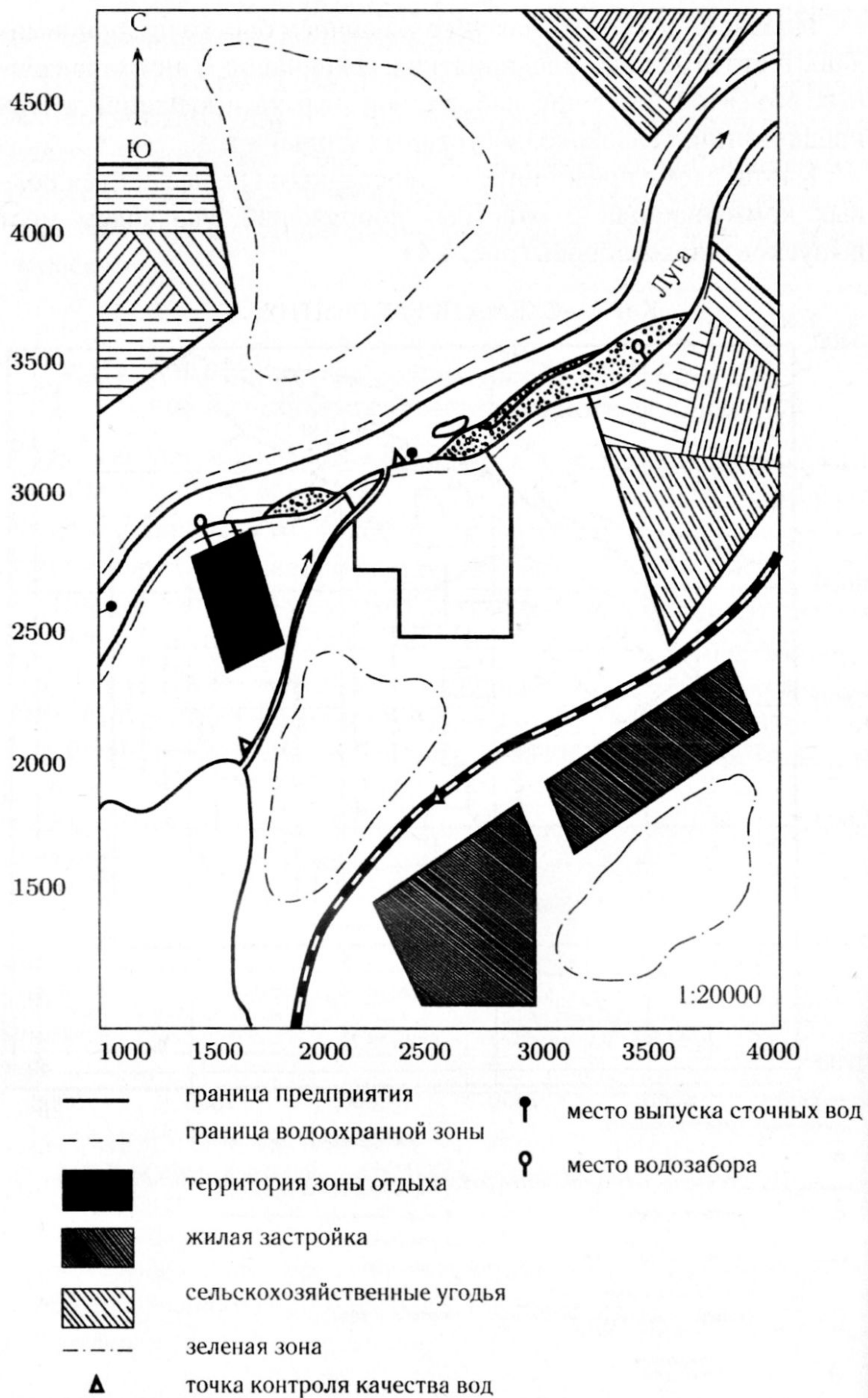


Рисунок 2.2 – Ситуационная карта-схема района, в котором расположено предприятие

2.3 Характеристика предприятия как источника загрязнения водных объектов

В состав характеристики предприятия входят следующие положения.

Краткая характеристика технологии производства, технологического оборудования, используемого сырья и материалов, влияющих на качество и состав производственных сточных вод; краткая характеристика существующих очистных сооружений, укрупненный анализ их технического состояния и эффективности работы. Характеристика эффективности очистных сооружений приводится в виде таблицы 2.2.

Оценка степени соответствия применяемой технологии производства и методов очистки сточных вод, передовому научно-техническому уровню в стране и за рубежом.

Перечень загрязняющих веществ в составе сточных вод предприятия представляют в виде таблицы 2.3 по каждому выпуску.

Количество загрязняющих веществ определяется на основании проводимой на предприятии инвентаризации.

Для различных групп производственных процессов должны быть приведены принципиальные схемы образования сточных вод. Сведения о количестве сточных вод, используемых внутри предприятия (повторно, повторно-последовательно и в оборотных системах) как после очистки, так и без нее, сброшенных в водные объекты или переданных на предприятия других отраслей, представляются по формам таблицы 2.4. К проекту прилагаются результаты анализов качества вод, выполненных лабораторией предприятия или СЭН.

Для обоснования полноты и достоверности данных о расходе сточных вод, используемых для расчета ПДС, представляются данные о водохозяйственном балансе предприятия.

Форма составления баланса водопотребления и водоотведения приведена в таблице 2.5.

Таблица 2.2 – Эффективность работы очистных сооружений предприятия

Состав очистных сооружений	Наименование показателей, по которым производится очистка	Проектная мощность			Фактическая нагрузка			Эффективность работы						Примечание
		м³/ч	м³/сут	тыс. м³/год	м³/ч	м³/сут	тыс. м³/год	Проектные показатели		Существующее положение				
								Концентрация, мг/л		Концентрация, мг/л				
								до	после	до	после			
очистки		очистки												

Таблица 2.3 – Показатели состава сточных вод

(Выпуск № _____, цех _____,
место отведения сточных вод _____)

Производственные стоки										
Наименование показателей	Фактическая концентрация	Расход сточных вод						Сброс		Режим отведения сточных вод час, сутки
	мг/л	м ³ /ч						г/ч	т/ч	
		зима			лето					
		макс.	мин.	средн.	макс.	мин.	средн.			
Хозяйственно-бытовые стоки										
Наименование показателей	Фактическая концентрация	Расход сточных вод						Сброс		Режим отведения сточных вод час, сутки
	мг/л	м ³ /ч						г/ч	т/ч	
		зима			лето					
		макс.	мин.	средн.	макс.	мин.	средн.			
Ливневые стоки										
Наименование показателей	Фактическая концентрация	Расход сточных вод						Сброс		Режим отведения сточных вод час, сутки
	мг/л	м ³ /ч						г/ч	т/ч	
		зима			лето					
		макс.	мин.	средн.	макс.	мин.	средн.			

Таблица 2.4 – Показатели состава сточных вод для общесплавной канализации

(Выпуск № _____, цех _____,
место отведения сточных вод _____)

Производственные стоки										
Наименование показателей	Фактическая концентрация	Расход сточных вод						Сброс		Режим отведения сточных вод час, сутки
	мг/л	м ³ /ч						г/ч	т/ч	
		зима			лето					
		макс.	мин.	средн.	макс.	мин.	средн.			

Таблица 2.5 – Баланс водопотребления и водоотведения

Водопотребление, тыс. м ³ /год							Водоотведение, тыс. м ³ /год					
Производство	Всего	На производственные нужды				На хозяйственно-бытовые нужды	Безвозвратное потребление	Всего	Объем сточной воды, повторно используемой	Производственные сточные воды	Хозяйственно-бытовые сточные воды	Примечание
		Свежая вода		Оборотная вода	Повторно-используемая вода							
		Всего	В том числе питьевого качества									

2.4 Сброс сточных вод

В данном разделе должны быть приведены данные о размещении выпусков сточных вод (рис. 2.4, 2.5), их конструктивные, гидравлические характеристики.

По каждому выпуску в водный объект указывается количество и состав очищенных сточных вод, характеристика сточных вод составляется по форме таблицы 1.3.

2.5 Расчет ПДС

Расчет ПДС производится с целью обеспечения норм качества воды водного объекта в контрольном створе, который определяется в каждом конкретном случае органами Госкомприроды с учетом типа и категории водного объекта. ПДС устанавливаются с учетом ПДК веществ в местах водопользования, ассимилирующей способности водного объекта и оптимального распределения массы сбрасываемого вещества между водопользователями, сбрасывающими сточные воды.

Как уже отмечалось выше, при сбросе нескольких веществ с одинаковыми лимитирующими показателями вредности ПДС устанавливается так, чтобы с учетом примесей, поступающих в водоем или водоток от вышерасположенных выпусков, сумма отношений концентраций каждого вещества в водном объекте к соответствующим ПДК не превышала единицы (табл. 2.6). Таким образом, при расчете ПДС должны соблюдаться условия:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1,$$

где C_i – концентрация загрязняющих веществ с одинаковым ЛПВ в контрольном створе (ниже выпуска).

Величина ПДС (г/час, т/год) с учетом требований к составу и свойствам воды в водных объектах для всех категорий водопользования определяется как произведение наибольшего среднечасового расхода сточных вод ($\text{м}^3/\text{час}$) фактического периода сброса и концентрации веществ в сточных водах ($\text{г}/\text{м}^3$) согласно формуле:

$$ПДС = q_{см} \cdot C_{см}.$$

При расчетах ПДС в расчетном створе должна быть обеспечена определенная концентрация контролируемых веществ, не превышающая нормативных требований к составу и свойствам вод данного водного объекта.

$$1 \text{ г}/\text{м}^3 = 1 \text{ мг}/\text{л}.$$

По результатам расчета нормативов условий сброса сточных вод предприятием должен быть предусмотрен комплекс водоохранных мероприятий, направленных на достижение ПДС (табл. 2.7).

Таблица 2.6

Загрязняющее вещество в сточных водах каждого выпуска	Допустимая концентрация загрязняющих веществ в расчетном створе, мг/л	ПДК (табличное), мг/л	Отношение концентрации загрязняющих веществ в расчетном (контрольном) створе к ПДК	Примечание
Водный объект рыбохозяйственного водопользования				
1. Общесанитарные показатели качества воды а) БПК _п б) взвешенные вещества в) сухой остаток г) ХПК			сумма...	
2. Вещества токсикологического ЛПВ а) б)			сумма...	
3. Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ а) б)			сумма...	
4. Вещества органолептического ЛПВ а) б)			сумма...	
5. Вещества рыбохозяйственного ЛПВ а) б)				
и т. д.				

В тех случаях, когда по объективным причинам водоохранный комплекс может быть построен в несколько очередей, концентрация сточных вод и ПДС будут обеспечены лишь после введения в эксплуатацию последней очереди строительства. В таких случаях вводится поэтапное достижение нормативов и водопользователь одновременно с утверждением ПДС должен получить лимит на временно согласованный сброс (ВСС).

Степень превышения ВСС над ПДС (ВСС/ПДС) и допустимая длительность такого превышения утверждаются органами Госкомприроды по согласованию с органами Государственной санитарной службы.

Нормативы ПДС и ВСС устанавливают в граммах в час и тоннах в год по общесанитарным и рыбохозяйственным показателям и группам ЛПВ для каждого водопользователя. Нормативы сбросов загрязняющих веществ на

существующее положение и на срок достижения ПДС представляются в форме таблицы 2.8 отдельно для каждого выпуска

Таблица 2.7 – План мероприятий по достижению нормативов ПДС

Наименование предприятия	Срок исполнения		Источник финансирования	Стоимость тыс. грн.	Наименование загр. в-в, по которым производится снижение сбросов	Расход сточных вод		Достижимая концентрация мг/л	Сброс	
	начало	конец				м³/год	тыс. м³/год		г/ч	т/год

Таблица 2.8 – Результаты расчетов ПДС

Показатели состава сточных вод	Существующее положение					Нормативы сбросов загрязняющих веществ										Год достижения ПДС	Примечание
						На _____ год					На _____ год						
	Расход сточных вод		Фактич. конц. на выходе	Сброс	Расход сточных вод		Доп. конц. на выходе	Сброс	Расход сточных вод		Доп. конц. на выходе	Сброс					
			В контр. створе				В контр. створе				В контр. створе						
	м³/ч	тыс. м³/год	мг/л	г/ч	т/год	м³/ч	тыс. м³/год	мг/л	г/ч	т/год	м³/ч	тыс. м³/год	мг/л	г/ч	т/год		
Выпуск № _____																	
Выпуск № _____																	

2.6 Обработка, складирование и использование осадков сточных вод

В разделе должны быть приведены разработанные требования и способы утилизации и обезвреживания осадков сточных вод.

2.7 Предложения по предупреждению аварийных сбросов сточных вод

В разделе приводятся мероприятия, обеспечивающие предупреждение попадания аварийных сбросов в водоемы.

2.8 Контроль за соблюдением нормативов ПДС (ВСС) на предприятии

Контроль за соблюдением нормативов ПДС (ВСС) на предприятии осуществляется непосредственно в местах выпуска сточных вод и в контрольных створах ниже и выше выпусков.

Общие требования к составу и свойствам воды водотоков и водоемов в местах хозяйственно-питьевого, коммунально-бытового и водохозяйственного водопользования приведены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Общие требования к составу и свойствам воды водотоков и водоемов

Показатели	Цели водопользования			
	Хозяйственно-питьевые нужды населения	Коммунально-бытовые нужды населения	Нужды рыбного хозяйства	
			Высшая и первая категории	Вторая категория
1	2	3	4	5
Взвешенные вещества	При сбросе возвратных (сточных) вод конкретным водопользователем, производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ в контрольном створе (пункте) не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более чем на:			
	0,25 мг/дм ³	0,75 мг/дм ³	0,25 мг/дм ³	0,75 мг/дм ³
Примечание	Для водотоков, содержащих в межени более 30 мг/дм ³ природных взвешенных веществ, допускается увеличение их содержания в воде в пределах 5%. Возвратные (сточные) воды, содержащие взвешенные вещества со скоростью осаждения более 0,2% мм/с, запрещается сбрасывать в водоемы, а более 0,4 мм/с - водотоки.			
	Содержание в воде антропогенных взвешенных веществ (хлопья гидроксидов металлов, образующихся при очистке сточных вод, частички асбеста, стекловолокна, базальта, капрона, лавсана и т.д.) нормируется в соответствии с п. 2.2 настоящих Правил по нормативам ПДК.			
Плавающие примеси (вещества)	На поверхности воды не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопление других примесей.			
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике		Вода не должна приобретать посторонней окраски.	
	20 см	10 см		
Запахи, привкусы	Вода не должна приобретать запахи интенсивностью более 1 балла, обнаруживаемые непосредственно или посредственно при последующем хлорировании или других способах обработки.		Вода не должна сообщать посторонних запахов или привкусов мясу рыбы.	
Температура	Летняя температура воды в результате сброса сточных вод не должна повышаться более чем на 3°С, по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет.		Температура воды не должна повышаться по сравнению с естественной температурой водного объекта более чем на 5°С с общим повышением температуры не более чем до 20°С летом и 5°С зимой для водных объектов, где обитают холодноводные рыбы (лососевые и сиговые), и не более чем до 28°С летом и 8°С зимой в остальных случаях. В местах нерестилищ налима запрещается повышать температуру воды зимой более чем на 2°С.	
Водородный показатель (pH)	Не должен выходить за пределы 6,5-8,5			
Минерализация воды	Не более 1000 мг/дм ³ , в том числе хлоридов – 350 мг/дм ³ , сульфатов – 500 мг/дм ³	Нормируется по приведенному выше показателю «привкусы»	Нормируется согласно таксациям рыбохозяйственных водных объектов	
Растворенный кислород	Не должен быть менее 4 мг/дм ³ в любой период года		В зимний (подледный) период должен быть не менее	
			6 мг/дм ³	4 мг/дм ³
			в летн. пер-д (открытый) на всех водн. объектах долж. быть не < 6 мг/дм ³	

Продолжение табл. 2.9				
1	2	3	4	5
Биохимическое потребление кислорода БПК _{полн}	Не должно превышать при температуре 20°C		3 мгО ₂ /дм ³	3 мгО ₂ /дм ³
	3 мгО ₂ /дм ³	6 мгО ₂ /дм ³	Если в зимний период содержание растворенного кислорода в водных объектах высшей и первой категории снижается до 6 мг/дм ³ , а в водных объектах второй категории до 4 мг/дм ³ , то можно допустить в них сброс только тех сточных вод, которые не изменяют БПК воды	
Химическое потребление кислорода (бихроматная окисляемость) ХПК	Не должно превышать		-	-
	15 мгО ₂ /дм ³	30 мгО ₂ /дм ³		
Химические вещества	Не должны содержаться в воде водотоков и водоемов в концентрациях, превышающих нормативы по п. 2.2 настоящих Правил			
Возбудители заболеваний	Вода не должна содержать возбудителей заболеваний, в том числе жизнеспособные яйца гельминтов (аскариды, власоглав, токсокар, фасциол), онкосферы тениид и жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших			
Лактозоположительные кишечные палочки ЛКП, не более	10000 в 1 дм ³	5000 в 1 дм ³	-	-
Колифаги (в бляшкообразующих единицах) не более	100 в 1 дм ³	100 в 1 дм ³	-	-
Токсичность воды	-	-	Сточная вода на выпуске в водный объект не должна оказывать острого токсического действия на тест-объекты. Вода водного объекта в контрольном створе не должна оказывать хронического токсического действия на тест-объекты	

Согласно ГОСТ 17.1.1.02-77 «Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов», водные объекты классифицируются по типам и видам (табл. 2.10, 2.11).

Таблица 2.10

Тип	Вид
Водоток	Река, канал, ручей
Водоем	Озеро, водохранилище, пруд
Море	Окраинное, территориальное, внутреннее

Таблица 2.11 – Классификация водотоков в зависимости от площади водосбора и расхода воды в нем

Индекс	Категория	Площадь водосбора, км ²	Расход воды, м ³ /с
1	Большая	Свыше 50000	Свыше 100
2	Средняя	2000 - 50000	5 - 100
3	Малая	-	До 5
4	Малая	До 2000	-

2.9 Контрольные задания (к ПР №1 и ПР №2)

ЗАДАЧА 1.1. Определить кратность разбавления сточных вод в расчетном створе по условиям, изложенным в примере. При этом считать водоток водным объектом рыбохозяйственного водопользования первой категории. Численные значения параметров для разных вариантов указаны в *Приложении А*. Показать ситуационную схему для расчета.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ 1.1.

Планируется сбрасывать в водоток сточные воды промышленного предприятия с максимальным расходом $q = 1,7 \text{ м}^3/\text{с}$. Ниже по течению от планируемого берегового выпуска сточных вод, на расстоянии 3,0 км находится поселок М., использующий воду водотока для купания и отдыха. Водоток, поданным Госкомгидромета, характеризуется на этом участке следующими показателями:

- среднемесячный расход водотока 95%-й обеспеченности $Q = 37 \text{ м}^3/\text{с}$;
- средняя глубина 1,3 м;
- средняя скорость течения 1,2 м/с;
- коэффициент Шези на этом участке $C = 29 \text{ м}^{1/2}/\text{с}$;
- извилистость русла слабо выражена.

Определить кратность разбавления сточных вод в расчетном створе. Выпуск сточных вод – береговой.

Решение.

Так как водоток используется как водный объект второй категории, предназначенный для культурно-бытового водопользования, то расчетный створ устанавливается за 1000 м до границы поселка, где вода должна отвечать санитарным требованиям применительно для данного вида водопользования.

В этом случае расстояние, принимаемое для расчета длины участка разбавления:

$$L = 3000 - 1000 = 2000 \text{ м.}$$

Определим коэффициент турбулентной диффузии по выражению (1.6):

$$D = \frac{g \cdot H_{cp} \cdot V_{cp}}{M \cdot C} = \frac{9,8 \cdot 1,3 \cdot 1,2}{26,3 \cdot 29} = 0,02.$$

Т.к. $10 < C < 60$, то

$$M = 0,7 \cdot C + 6 = 0,7 \cdot 29 + 6 = 26,3.$$

Поскольку выпуск береговой, а извилистость русла слабо выражена, то по выражению (1.4) определим:

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{q}} = 1 \cdot 3 \sqrt[3]{\frac{0,02}{1,7}} = 0,23.$$

Для упрощения вычисления коэффициента смещения по выражению (1.3) предварительно вычислим:

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}} = e^{-0,23 \sqrt[3]{2000}} = 0,056,$$

тогда

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{q} \cdot \beta} = \frac{1 - 0,056}{1 + \frac{37}{1,7} \cdot 0,056} = 0,429.$$

Кратность разбавления сточных вод промышленного предприятия в расчетном створе согласно выражению (1.2) составит:

$$n = \frac{\gamma \cdot Q + q}{q} = \frac{0,429 \cdot 37 + 1,7}{1,7} = 10,3.$$

ЗАДАЧА 1.2. Определить разбавление сточных вод для глубинного сосредоточенного выпуска в проточный водоем. Расчетный створ водопользования расположен на расстоянии 500 м. Параметры сброса сточных вод и водоема указаны по вариантам в *Приложении Б*.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ 1.2.

Найти разбавление сточных вод для глубинного сосредоточенного выпуска в проточный водоем, если скорость течения в водоеме $V_n = 0,021$ м/с, средняя глубина в месте установленного выпуска сточных вод $H = 30$ м, расчетный расход сточных вод $Q_0 = 0,33$ м³/с. Водоем относится к водным объектам рыбохозяйственного водопользования второй категории, т.е. расчетный створ не далее 500 метров от места выпуска.

Решение.

Так как выпуск сточных вод осуществляется через сосредоточенный выпуск, то $A = 1$.

Определим диаметр выпускного отверстия, принимая, что скорость истечения сточной воды $V_0 = 2,5$ м/с.

$$d_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V_0}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,33}{3,14 \cdot 2,5}} = 0,405.$$

Выбираем стандартный диаметр выпуска $d'_0 = 0,4$ м, при этом

фактическая скорость истечения будет $V'_0 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d'^2} = 2,63$ м/с.

Определим параметр P по выражению (1.25):

$$P = \frac{V_n}{0,000015 \cdot V_0' + V_n} = \frac{0,021}{0,000015 \cdot 2,63 + 0,021} = 0,998.$$

Определим параметр S (1.26):

$$S = 0,875 + \frac{0,325 \cdot H}{360 + \left(\frac{V_n}{V_0'}\right) 10^5} = 0,875 + \frac{0,325 \cdot 30}{360 + \frac{0,021}{2,63} \cdot 10^5} = 0,883.$$

Наименьшее разбавление на границе 500 м от места выпуска сточных вод составляет (1.23):

$$n = A \cdot \left(\frac{0,2 \cdot L}{d_0'}\right)^{P \cdot S} = 1 \cdot \left(\frac{0,2 \cdot 500}{0,4}\right)^{0,998 \cdot 0,883} = 130,13.$$

ЗАДАЧА 1.3. Определить концентрацию взвешенных веществ в сточной воде, разрешенной к сбросу в водоток после очистных сооружений, и необходимую эффективность очистки сточной воды по вариантам (см. Приложение В) для условий, аналогичных примеру 1.3.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ 1.3.

В водотоке с расходом $Q = 35 \text{ м}^3/\text{с}$ после очистных сооружений сбрасываются очищенные сточные воды с расходом $q = 0,6 \text{ м}^3/\text{с}$. Концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающей на очистные сооружения, $C_{ст} = 250 \text{ мг/л}$.

Участок водного объекта, куда сбрасываются сточные воды, относится к первой категории рыбохозяйственного водопользования.

Концентрация взвешенных веществ в воде водного объекта до места сброса $C_\phi = 3 \text{ мг/л}$.

Коэффициент смешения для данного случая $\gamma = 0,71$.

Решение.

Исходя из условий в соответствии с «Правилами охраны поверхностных вод» допустимое увеличение содержания взвешенных веществ в водном объекте после сброса сточных вод $P = 0,25 \text{ мг/л}$.

Концентрация взвешенных веществ в сточной воде, сбрасываемой в данный водный объект, не должна превышать значение (1.27):

$$C_{оч} = P \cdot \left(\frac{\gamma \cdot Q}{q} + 1\right) + C_\phi = 0,25 \cdot \left(\frac{0,71 \cdot 35}{0,6} + 1\right) + 3 = 13,6 \text{ мг/л}.$$

Для этого очистные сооружения должны обеспечить необходимую очистку (1.28):

$$\mathcal{E}_{эв} = \frac{C_{ст} - C_{оч}}{C_{ст}} \cdot 100\% = \frac{250 - 13,6}{250} \cdot 100\% = 94,56\%.$$

ЗАДАЧА 1.4. Определить необходимую степень очистки сточных вод по содержанию растворенного кислорода по вариантам (см. Приложение Г).

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ 1.4.

Определить необходимую степень очистки сточных вод по содержанию растворенного кислорода, которые сбрасываются в водоток, при следующих условиях:

- расход сточных вод $q = 1,4 \text{ м}^3/\text{с}$;
- расход водотока $Q = 38 \text{ м}^3/\text{с}$;
- коэффициент смешения сточных вод $\gamma = 0,51$;
- содержание растворенного кислорода в воде водотока до места сброса сточных вод $O^B = 6,5 \text{ мг/л}$;
- БПК_{полн} в водотоке до места сброса $L_{полн}^B = 2,0 \text{ мг/л}$;
- полное биохимическое потребление кислорода сточной водой, поступающей на очистную станцию, $БПК_{полн}^{ст} = 380 \text{ мг/л}$.

Решение.

Водный объект, куда производится сброс сточных вод, предназначен для коммунально-бытовых нужд населения, т.е. водоем II категории, где допустимая концентрация растворенного кислорода в расчетном створе не должна быть менее 4 мг/л в любой период года.

Расчетную концентрацию по БПК_{полн} в очищенных сточных водах из условия сохранения в расчетном створе допустимой концентрации растворенного кислорода определяем (1.29):

$$\begin{aligned} L_{полн}^{ст} &= \frac{\gamma \cdot Q}{0,4 \cdot q} \cdot (O^B - 0,4 \cdot L_{полн}^B - O) - \frac{O}{0,4} = \\ &= \frac{0,51 \cdot 38}{0,4 \cdot 1,4} \cdot (6,5 - 0,4 \cdot 2,0 - 4) - \frac{4}{0,4} = 48,8 \text{ мг/л}. \end{aligned}$$

Определяем необходимую степень очистки сточных вод:

$$\mathcal{E}_{БПК_{полн}} = \frac{БПК_{полн}^{ст} - L_{полн}^{ст}}{БПК_{полн}^{ст}} \cdot 100\% = \frac{380 - 48,8}{380} \cdot 100\% = 81,15\%.$$

ЗАДАЧА 1.5. Определить допустимое значение БПК_{полн} сточной воды, разрешенной к сбросу, по вариантам при следующих условиях, указанных в Приложении Д.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ 1.5.

Определить необходимую степень очистки сточных вод по БПК_{полн} для водного объекта, который используется для культурно-бытовых нужд населения, при следующих условиях:

- расход сточных вод $q = 0,6 \text{ м}^3/\text{с}$;
- расход водотока $Q = 20 \text{ м}^3/\text{с}$;

- средняя скорость течения водотока $v_{cp} = 0,64$ м/с;
- средняя глубина водотока $H_{cp} = 1,2$ м;
- расст-е по фарватеру от места вып. сточных вод до расч. створа $L = 3,5$ км;
- константа скорости потребления кислорода водой водотока $k_6 = 0,1$;
- константа скорости потребления кислорода сточной водой $k_{cm} = 0,16$;
- $БПК_{полн}$ воды водотока до места сброса сточных вод $L_B = 1,8$ мг/л;
- $БПК_{полн}$ неочищенных сточных вод $L_a = 400$ мг/л.

Извилистость водотока слабо выражена. Выпуск сточных вод после очистных сооружений производится через береговой выпуск.

Решение.

Определим условия смешения сточных вод с водой водотока (1.3-1.5):

$$D = \frac{V_{cp} \cdot H_{cp}}{200} = \frac{0,64 \cdot 1,2}{200} = 0,0038,$$

так как извилистость русла слабо выражена, а выпуск береговой, то:

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{q}} = 1 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,0038}{0,6}} = 0,185.$$

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} = \frac{1 - e^{-0,185 \sqrt[3]{3500}}}{1 + \frac{20}{0,6} \cdot e^{-0,185 \sqrt[3]{3500}}} = 0,3145,$$

поскольку необходимо учесть продолжительность перемещения воды от места сброса до расчетного створа, определяем

$$t = \frac{L}{v_{cp}} = \frac{3500}{0,64 \cdot 86400} = 0,063 \text{ сут.}$$

$БПК_{полн}$ для данного вида водопользования (табл. 1.9) $L_{ПДК} = 6$ мг/л.

Допустимое значение $БПК_{полн}$ сточной воды, разрешенной к сбросу, определяем (1.30):

$$\begin{aligned} L_{cm} &= \frac{\gamma \cdot Q}{q \cdot 10^{-k_{cm}t}} \cdot (L_{ПДК} - L_6 \cdot 10^{-k_6t}) + \frac{L_{ПДК}}{10^{-k_{cm}t}} = \\ &= \frac{0,3145 \cdot 20}{0,6 \cdot 10^{-0,16 \cdot 0,063}} \cdot (6 - 1,8 \cdot 10^{-0,1 \cdot 0,063}) + \frac{6}{10^{-0,16 \cdot 0,063}} = 51,494 \text{ мг/л.} \end{aligned}$$

Необходимую степень очистки сточных вод по $БПК_{полн}$ определяем:

$$\mathcal{E}_{БПК} = \frac{400 - 51,494}{400} \cdot 100\% = 87,127\%.$$

ЗАДАЧА 1.6. Определить необходимую степень очистки производственных сточных вод от вредных веществ. Исходные данные приведены в *Приложении Е*.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ 1.6.

Определить необходимую степень очистки производственных сточных вод от вредных веществ, если в сточных водах содержатся следующие загрязнения: $C_{cm}^{Ni} = 1,15$ мг/л; $C_{cm}^{Mo} = 1,1$ мг/л; $C_{cm}^{As} = 0,6$ мг/л; $C_{cm}^{Zn} = 2,5$ мг/л.

Сточные воды подлежат сбросу в водоток, который относится к источникам хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Кратность разбавления сточных вод $n = 65$.

Вода до места сброса сточных вод характеризуется следующими показателями:	Предельно допустимые концентрации указанных веществ:
1) $C_{\epsilon}^{Ni} = 0,003$ мг/л;	$C_{ПДК}^{Ni} = 0,1$ мг/л;
2) $C_{\epsilon}^{Mo} = 0,15$ мг/л;	$C_{ПДК}^{Mo} = 0,26$ мг/л;
3) $C_{\epsilon}^{As} = 0,002$ мг/л;	$C_{ПДК}^{As} = 0,05$ мг/л;
4) $C_{\epsilon}^{Zn} = 0,87$ мг/л.	$C_{ПДК}^{Zn} = 1,0$ мг/л.

Решение.

Все вещества, которые были отмечены в сточной воде, относятся к определенным лимитирующим показателям вредности (ЛПВ). К группе санитарно-токсикологического ЛПВ относятся: никель, молибден, мышьяк. К группе общесанитарного ЛПВ относится цинк.

$$\sum_1^z \frac{C_{\epsilon}}{C_{ПДК}} = \sum_1^3 \frac{C_{\epsilon}^{Ni}}{C_{ПДК}^{Ni}} + \frac{C_{\epsilon}^{Mo}}{C_{ПДК}^{Mo}} + \frac{C_{\epsilon}^{As}}{C_{ПДК}^{As}} = \frac{0,003}{0,1} + \frac{0,15}{0,26} + \frac{0,002}{0,05} = 0,647.$$

$$\sum_1^z \frac{C_{cm}}{C_{ПДК}} = \sum_1^3 \frac{C_{cm}^{Ni}}{C_{ПДК}^{Ni}} + \frac{C_{cm}^{Mo}}{C_{ПДК}^{Mo}} + \frac{C_{cm}^{As}}{C_{ПДК}^{As}} = \frac{1,15}{0,1} + \frac{1,1}{0,26} + \frac{0,6}{0,05} = 27,731.$$

Необходимую эффективность очистки по санитарно-токсикологическому показателю вредности определяем по выражению (1.37):

$$\mathcal{E}_z = \left(\frac{1 - \frac{n-1}{n} \cdot \sum_1^z \frac{C_{\epsilon}^z}{C_{ПДК}^z}}{1 - \frac{1}{n} \cdot \sum_1^z \frac{C_{cm}^z}{C_{ПДК}^z}} \right) \cdot 100\% = \left(\frac{1 - \frac{65-1}{65} \cdot 0,647}{\frac{27,731}{65}} \right) \cdot 100\% = 15\%.$$

В связи с тем, что в группу общесанитарного ЛПВ входит одно вещество - цинк, то его концентрацию в сточной воде, разрешенную к сбросу в водоток, определяют по выражению $C_{оч}^z \leq n \cdot (C_{pc}^z - C_{\epsilon}^z) - C_{\epsilon}^z$ (1.33), при этом $C_{pc}^{Zn} = C_{ПДК}^{Zn} = 1,0$ мг/л. Т.к. цинк для данной группы ЛПВ в расчетном створе присутствует в единственном числе:

$$C_{оч}^{Zn} = 65 \cdot (1,0 - 0,87) + 0,87 = 7,58 \text{ мг/л.}$$

Таким образом, для соблюдения санитарных условий сброса сточных вод указанного состава необходимо удалить на очистных сооружениях не менее 15% вредных веществ, относящихся к санитарно-токсикологическому ЛПВ, и снизить на 7,58 мг/л содержание цинка.

СМ 1.2 ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТА (ОВО) ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ (ОПС)

ПР №3. Грунтовые воды. Основные характеристики гидрогеологических систем. Построение карты гидроизогипс. Построение и анализ гидрогеологических разрезов. Баланс и химический состав подземных вод

3.1 Подземные воды в геотехнической системе

Подземные воды представляют собой один из важнейших блоков геотехнической системы, взаимодействующий с другими составляющими (атмосферой, поверхностными водами, литосферой, техногенным ядром). Таким образом, на рассматриваемом иерархическом уровне подземные воды являются подсистемой ГТС. Это организованная совокупность гидрогеологических элементов, взаимосвязанных и между собой, и с внешней средой, и также образующих единое целое. Понимая место подземных вод в ГТС, необходимо подходить к их исследованию как к гидрогеологической системе (ГГС), за пределами которой расположено все то, что является для нее внешней средой.

Гидрогеологическая система существует как квазизамкнутая система, а функционирование ее контролируется связями с другими квазизамкнутыми системами (атмосферой, поверхностными водами, литосферой), а также различными физико-химическими и биологическими процессами. Эта взаимосвязь реализуется в виде общего круговорота воды на Земле.

3.2 Основные характеристики гидрогеологических систем

Границы ГГС. В простейшем виде можно представить следующие границы:

- геологические, геоморфологические, литолого-фациальные, тектонические, разделяющие геологические тела;
- контуры урезов рек, озер, морей, болот и т.д., по которым наземная гидросфера отделяется от подземной;
- земная поверхность, по которой гидролитосфера граничит с атмосферой;
- контуры, по которым водоносные породы отделяются от водоупорных или относительно водоупорных;
- контуры, по которым водоносные породы отделяются от водоненасыщенных;
- пьезометрическая поверхность или уровень подземных вод;
- контуры инженерных объектов и коммуникаций, по которым они граничат с водоносными или водоупорными породами.

Границы различают в плане и разрезе. Водоупорные породы, подстилающие водоносные, образуют нижнюю границу. Верхняя граница определяется по-разному, в зависимости от того, какие воды (грунтовые или напорные) содержит ГГС.

Грунтовые воды, приуроченные к первому от поверхности земли регионально выдержанному водоносному пласту, имеют свободную пьезометрическую поверхность, на которой давление равно атмосферному, и характеризуются активной связью с наземной гидросферой и атмосферой.

Напорными водами называют подземные воды, приуроченные к водоносному пласту, залегающему между двумя регионально выдержанными водоупорными слоями, обладающими избыточным над кровлей пласта напором ($\Delta H_{\text{изб}}$), и практически не имеющие непосредственной связи с наземной гидросферой и атмосферой.

Структура системы выражается формой, размером, расположением и определенным соотношением между собой слагающих элементов. Структура — это порядок расположения элементов системы в пространстве и времени. Структура системы может быть статической или динамической.

Свойства системы и ее элементов характеризуются признаками, выражающимися количественно, полуколичественно и качественно. Количественные признаки являются показателями системы, характеризую ее изменчивость во времени и пространстве. Изменение свойств и их показателей может быть детерминированным или стохастическим. Показатели изменяются непрерывно или дискретно (скачкообразно). Если во всех точках пространства системы наблюдается равенство некоторого признака, то система по этому признаку является однородной (гомогенной). Гетерогенные системы состоят из нескольких однородных подсистем.

Связи и взаимодействия проявляются в разнообразных формах энерго- и массообмена. Основными термодинамическими параметрами являются: давление, температура, плотность или концентрация вещества. Они определяют интенсивность водо-, соле-, теплообмена в земной коре (литосфере) между слоями горных пород, имеющими разную температуру и насыщенными подземными водами разной минерализации, а также обмен между этими водоносными слоями и атмосферой или наземной гидросферой (реками, озерами, морями и др.). В результате этого в системе возникает фильтрация воды в пластах горных пород, рассоление или их засоление, процессы смешения вод разной минерализации.

Таким образом, при рассмотрении подземных вод (ГТС) как составной части ГТС, необходимо принять априори следующее:

- система квазизамкнутая;
- взаимосвязь с другими системами осуществляется подсистемой грунтовых вод через все вышеперечисленные границы, естественные и техногенные;
- изменение свойств и элементов грунтовых вод носит детерминированный характер;
- связи и взаимодействие проявляются в изменении минерализации (загрязнении) природных вод всей ГТС.

Определившись с объектом и конкретизировав задачу исследований, необходимо рассмотреть методы решения задач взаимодействия в ГТС собственно предприятия с грунтовыми водами.

Грунтовые воды — это подземные воды первого от поверхности постоянно действующего водоносного горизонта, залегающего на первом выдержанном по площади водоупорном пласте.

Основные признаки грунтовых вод (ГВ):

- в большинстве случаев они являются безнапорными, имеют свободную поверхность и непосредственную связь с атмосферой (давление на поверхности ГВ равно атмосферному);
- изменение характеристик ГВ во времени (*количество* воды в горизонте, положение уровня, температура вод химический состав — минерализация) значительное, в связи с близким залеганием ГВ к поверхности и взаимосвязью с атмосферными осадками;
- повсеместное распространение и приуроченность в основном к отложениям четвертичного возраста;
- область питания совпадает с областью распространения:
- инфильтрация атмосферных осадков, включая талые воды;
- фильтрация из рек, озер, каналов, инженерных сооружений;
- подток (подпитка, перетекание) из более глубоких водоносных горизонтов;
- конденсация водяных паров и внутригрунтовое испарение;
- доступность для практического использования, но легкая подверженность загрязнению.

Поверхность грунтовых вод называют уровнем или зеркалом ГВ. Особенности распространения ГВ в пределах изучаемого участка (промзоны) характеризуют с помощью карт гидроизогипс.

Гидроизогипсы — это линии, соединяющие точки одинаковых абсолютных отметок уровня грунтовых вод.

Анализ карт гидроизогипс позволяет получить следующую информацию.

1. Направление движения ГВ в любой точке карты.

Движение подземных вод подчиняется законам гравитации и происходит от участков с более высокими абсолютными отметками к участкам с меньшими отметками по линии, перпендикулярной основному направлению гидроизогипс.

2. Характер взаимосвязи подземных вод с поверхностными.

Грунтовые воды могут иметь тесную гидравлическую связь с поверхностными водами. Они могут разгружаться, например, в реку, могут питаться за счет поверхностных вод. Если грунтовый поток на карте гидроизогипс направлен к реке, это означает, что ГВ разгружаются в реку, в другом случае (речной паводок, оросительный канал, накопитель сточных вод) поверхностные воды расходятся на питание ГВ и их уровень поднят по отношению к последним. В природе может встречаться ситуация разгрузки и питания подземных вод одновременно.

3. Глубина залегания ГВ в любой точке участка.

Параметр (H) определяют по разности между абсолютными отметками поверхности земли и уровнем грунтовых вод.

4. Гидравлический уклон (градиент) грунтового потока.

Гидравлический уклон (градиент) грунтового потока (I) равен разности абсолютных отметок уровней поверхности в двух точках, выбранных по направлению потока, поделенной на расстояние между этими точками в масштабе карты:

$$I = \frac{H_1 - H_2}{L} = \frac{\Delta H}{L} \quad (3.1)$$

5. Расход грунтового потока:

$$Q = k \cdot \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot l, \quad (3.2)$$

где k – коэффициент фильтрации.

3.3 Построение карты гидроизогипс

Масштаб карты зависит от характера проводимых гидрогеологических исследований (обычно 1:10000, 1:20000 или более мелкие схематические карты). Для построения карты пользуются данными замеров уровней ГВ в наблюдательных скважинах, шурфах, колодцах, горных выработках, отметками источников, сведениями водомерных постов. Все данные, используемые при построении карты гидроизогипс, должны быть взяты на одну дату, то есть, получены по единовременным замерам всех точек наблюдения.

Глубина залегания ГВ в каждой точке замера пересчитывается на абсолютные или относительные отметки:

$$H_B = H_3 - h, \quad (3.3)$$

где H_B — абсолютная отметка уровня ГВ;

H_3 — абсолютная отметка поверхности земли;

h — глубина залегания грунтовых вод.

После нанесения на картографическую основу значений картируемого параметра приступают к интерполяции для определения регионального положения значений. Для каждой точки замера значения представляются в виде дроби: в числителе — абсолютная отметка уровня ГВ, в знаменателе — глубина залегания ГВ. Соединяя точки равных значений, проводят изолинии.

Карты гидроизогипс обязательно характеризуются линиями токов. Линии токов проводят так, чтобы они пересекали изолинии только под прямым углом. Направление фильтрации указывается стрелкой. Линии токов проводят в наиболее важных или характерных направлениях.

После построения карты гидроизогипс приступают к выделению зон разных глубин залегания подземных вод. Для этого используются все данные по глубинам залегания ГВ в водопунктах. На источниках (болотах, мочежинах, урезах поверхностных водоемов и водотоков) глубина залегания принимается равной нулю.

По карте гидроизогипс определяют наиболее важные участки территории и строят гидрогеологический разрез. Иногда разрезы могут иметь самостоятельное значение.

3.4 Построение гидрогеологических разрезов

Гидрогеологические разрезы строятся обычно в двух разных масштабах: *горизонтальный масштаб* определяется масштабом карты, *вертикальный масштаб* должен обеспечить четкое расчленение элементов разреза по вертикали. Как правило, для среднемасштабных разрезов используют вертикальный масштаб 1:1000 или 1:2000, а для крупномасштабных от 1:100 до 1:500. Ориентировать разрезы следует так, чтобы они проходили через исследуемые водопункты и скважины.

Для построения гидрогеологического разреза необходимо:

- ✓ гипсометрические отметки поверхности земли по направлению разреза;
- ✓ геолого-литологические колонки скважин, шурфов и других выработок по линии разреза или вблизи ее;
- ✓ результаты гидрометрических наблюдений на поверхности по линии разреза (наличие болот, источников, отметки уровней воды в реках, озерах и т.д.);
- ✓ результаты наблюдений за уровнем ГВ (глубина появления и стабилизации уровня);
- ✓ результаты наблюдений по тем специальным параметрам гидрогеологической обстановки, которые входят в целевое содержание разрезов (дебиты скважин и источников, минерализация или содержание отдельных компонентов, температура, водные свойства водонасыщенных пород).

Разрез строится на миллиметровой бумаге в следующей последовательности.

1. Определить положение левого конца разреза и зафиксировать его вертикальной прямой, на которую нанести точку, соответствующую максимальной отметке рельефа поверхности. Разбить прямую на равные интервалы (0,5-1,0 см) по всей высоте разреза, затем нанести на нее значения абсолютных отметок.
2. Провести горизонтальную прямую по отметке уровня моря или основания разреза, разбить ее на равные интервалы. Первый слева водопункт нанести, отступив от края разреза на 0,5-1,0 см; а затем нанести, с учетом масштаба, остальные водопункты.
3. Построить гипсометрический профиль, нанеся отметки поверхности земли у каждого водопункта.
4. Скважины, шурфы, колодцы показать вертикальными линиями от поверхности земли до забоя (глубина скважины, шурфа, колодца).
5. Привести на разрезе данные по составу и свойствам пород в виде литологической и гидрогеологической характеристик (пески, глины, мергели, известняки, техногенные грунты и т.д.). При этом по вертикали отмечают границы распространения типов пород. Соединив точки одних и тех же границ между собой, получают поля распространения пород одного типа. Условным знаком обозначают литологию пород и их возраст.
6. Отметки появления и стабилизации уровня для безнапорных вод фактически совпадают, поэтому, соединив их, получают депрессионную кривую. Для

напорных вод подъем уровня указывают вертикальной прямой вдоль ствола скважины и соединяют кривой напора в разных водопунктах. Такая воображаемая кривая не связана с уровнем поверхностных вод и может проходить выше поверхности земли.

3.5 Анализ гидрогеологических карт и разрезов

Анализируя карту гидроизогипс, исследователь имеет возможность:

1. Определить глубину залегания подземных вод в *любой* точке закартированной территории.

— Оценить направление фильтрации подземных вод в любой части исследуемой территории.

— Используя метод интерполяции, определить картированные параметры свойств или состава подземных вод в любой точке территории.

— При наличии сведений о фильтрационных свойствах и мощности водоносных толщ определить расход подземных вод и элементы водного баланса (инфильтрационное или артезианское питание, подземный сток и т.д).

— Прогнозировать нарушения режима грунтовых вод при наличии подпора.

При анализе карт важно установить связь участков питания и дренирования с геологическим строением, геоморфологией, рельефом исследуемого района, плотностью застройки.

Водоразделы грунтовых потоков характеризуют зоны изменения направления потоков, поток в этих зонах расходится в противоположные стороны. Дренирующие участки, напротив, являются зонами, где суммируются потоки, идущие из разных областей участка.

По соотношению отметок на карте гидроизогипс и на разрезах может быть установлена связь грунтовых вод с более глубоко залегающими водоносными горизонтами.

Связь ГВ с поверхностными, характер и интенсивность водообмена можно оценить по сопоставлению уровней подземных и поверхностных вод. Если пьезометрический уровень понижается к реке и, например, проходит выше уровня воды в ней, то можно предполагать наличие разгрузки или дренирования напорных и грунтовых вод в русло. Если уровень ниже — река дренируется грунтовыми водами и питание горизонта происходит из реки.

При анализе карты гидроизогипс необходимо определить величины уклона потока, выяснить, как он изменяется на различных участках, и попытаться вскрыть причины этих изменений.

При детальном исследовании составляют карту гидроизогипс, совмещенную с картой глубин залегания грунтовых вод и картой изолиний кровли подстилающего водоупорного слоя.

3.6 Баланс подземных вод

Водный баланс подземных вод — это количественное соотношение между их поступлением (приходная часть) и расходом (расходная часть)

(в миллиметрах слоя или кубических метрах на гектар) за определенный период (декаду, месяц, год), рассматриваемое относительно выделенного балансового участка. Участок выделяется на карте гидроизогипс. Для этого проводят граничные линии тока перпендикулярно граничным изогипсам напора. Вертикальные сечения, совмещенные в плане с этими границами, выделяют балансовый объем. Балансовый участок должен быть типовым, репрезентативным (отражать все особенности ГГС в целом).

Водный баланс тесно связан с режимом подземных вод и выражает количественное соотношение между режимообразующими факторами (РОФ), которые характеризуют данную гидрогеологическую обстановку и проявляются в колебаниях уровня грунтовых вод (УГВ). Колебания УГВ есть результат взаимодействия РОФ как естественных, так и техногенных. В обобщенном виде эти факторы представлены на рис. 3.1. Одни из них характеризуют горизонтальный водообмен в балансовом районе (участке), другие — вертикальный водообмен. Одни элементы характеризуют связь рассматриваемой ГГС с атмосферой и наземной гидросферой, другие — с соседними ГГС. Таким образом, элементы баланса являются режимообразующими факторами. В условиях стационарного *движения* количество поступающей воды равно количеству расходуемой. При нестационарном движении это равенство не соблюдается. Превышение поступления над расходом грунтовых вод вызывает подъем УГВ и увеличение запасов, а превышение расходных элементов ведет к снижению уровня и уменьшению их запасов. Количество воды в балансовом объеме зависит от емкостных свойств ГГС и определяется в ГВ величиной гравитационной емкости (μ), а в напорных — величиной упругой емкости (μ^*).

Элементы водного баланса, входящие в уравнение водного баланса, определяют независимыми, но сопоставимыми *по* точности методами.

Главными элементами водного баланса являются те факторы, процентное содержание которых более 50%, второстепенными — менее 10%.

Уравнение водного баланса составляют в следующем порядке:

- ✓ задают интервал времени, за который рассматривается баланс;
- ✓ все элементы баланса (в соответствии с действующими факторами) записывают в буквенном выражении в виде алгебраической суммы приходных и расходных статей;
- ✓ определяют числовые значения всех элементов баланса;
- ✓ оценивают результат баланса, т.е. те изменения в запасах подземных вод, которые происходят на участке в результате взаимодействия элементов баланса.

Уравнение водного баланса подземных вод используют для общей оценки влияния инженерных сооружений и водохозяйственных мероприятий (в том числе и проектируемых) на режим подземных вод и общую природную обстановку в геотехнической системе. Эта оценка, приближенная и для конкретных решений, иногда недостаточна. Это вызывает необходимость использования более сложных методов гидрогеологических исследований. К ним относятся изучение режима уровней и баланса грунтовых вод, изменений

как качественных, так и количественных на протяжении года под воздействием естественных и искусственных факторов.

В общем виде водный баланс ГВ представлен на рисунке 3.1.

- ✓ Приходная часть баланса складывается под воздействием естественных и искусственных факторов: инфильтрация атмосферных осадков Q_a ; конденсация водяных паров Q_k ; подземный приток Q_n , который складывается из бокового притока Q_{n1} , фильтрационного поступления из поверхностных водных источников Q_{n2} и перетока из нижележащего водоносного горизонта Q_{n3} .
- ✓ Расходная часть баланса складывается из испарения Q_u и подземного стока Q_c . Испарение включает расход воды за счет испарения с поверхности грунтовых вод и транспирации растительностью, подземный сток может быть представлен боковым оттоком и перетоком в нижележащий горизонт. Искусственный (нарушенный) режим ГВ вносит в расходную часть баланса такие составляющие, как водоснабжение Q_s и дренаж Q_d .

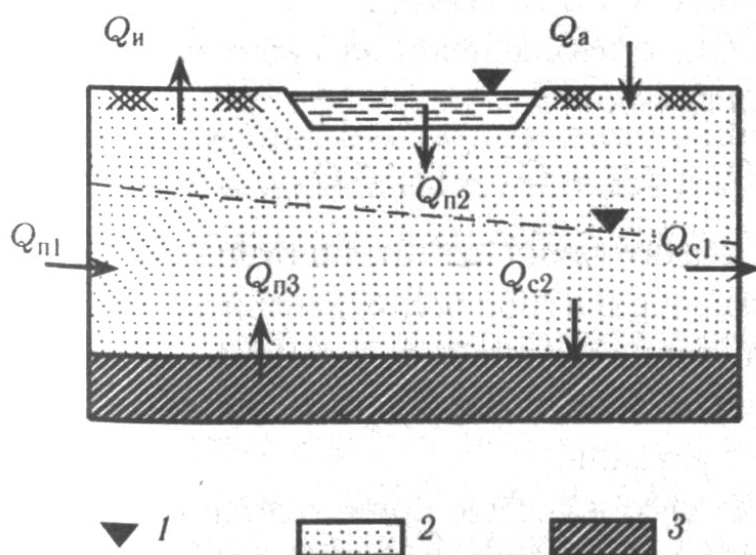


Рисунок 3.1 – Схема баланса грунтовых вод:

1 – уровень поверхностных и грунтовых вод; 2 – водоносный слой; 3 – водоупорный слой: Q_u – испарение; Q_a – инфильтрация атмосферных осадков; Q_{n1} – боковой приток; Q_{n2} – приток из поверхностных водных источников; Q_{n3} – переток из нижележащего водоносного горизонта; Q_{c1} – боковой сток; Q_{c2} – приток в нижележащий горизонт

На основе изучения водного баланса промышленных территорий можно регулировать режим ГВ в нужном направлении.

Для решения балансовых уравнений применяют экспериментальные и расчетные методы. В первом случае основные статьи баланса определяют непосредственным измерением, во втором – рассчитывают на основе режимных наблюдений.

Балансовое уравнение ГВ для определенного участка за время t имеет вид:

$$\Delta W = Q_a + Q_k + Q_{n1} + Q_{n2} + Q_{n3} - Q_u - Q_{c1} - Q_{c2}, \quad (3.4)$$

где ΔW – изменение запасов ГВ за время t .

Если ведутся регулярные наблюдения за уровнем, среднее изменение уровня Δh за время t :

$$\mu \cdot \Delta h = Q_a + Q_k + Q_n - Q_u - Q_c, \quad (3.5)$$

где μ – коэффициент водоотдачи (при отрицательном значении Δh) и недостаток насыщения (при положительном значении Δh);

$\mu \cdot \Delta h$ – величина, изменяющаяся по сезонам и в многолетнем цикле, может быть положительной при подъеме уровня и отрицательной при его опускании.

Водный баланс ГВ является частью общего водного баланса территории промышленного объекта и базируется на анализе гидродинамического режима ГВ. Расчет элементов может выполняться методами математического моделирования. В любом случае водный баланс должен составляться на основе конкретных значений его составляющих, индивидуальных для каждого исследуемого участка (объекта).

3.7 Химический состав подземных вод

Анализ химического состава подземных вод открывает пути для изучения генезиса, пригодности для различных потребителей, определения уровня их агрессивности для бетонных и металлических конструкций. Результаты химических анализов воды могут быть выражены в весовой, эквивалентной и процент- эквивалентной формах.

Весовая форма – представление ионно-солевого состава воды в миллиграммах (граммах) в 1 дм³ или 1 кг воды. В зарубежной литературе результаты анализа могут быть приведены в частях на миллион (ppm), что соответствует концентрации мг/дм³.

Эквивалентная форма записи состава вод позволяет определить соотношение между ионами с точки зрения их способности участвовать в химических реакциях, оценить качество анализа, установить генезис вод. В расчетах используется форма записи:

$$\text{мг-экв/дм}^3 = \frac{\text{мг/дм}^3}{\text{Э}} = \text{мг/дм}^3 \cdot \frac{1}{\text{Э}}$$

где Э – химический эквивалент иона;

$$K = \frac{1}{\text{Э}} \text{ – переводный коэффициент (табл. 3.1).}$$

При выражении содержания какого-либо иона в эквивалентной форме перед символом иона ставится знак r , например, $r\text{Ca}^{2+}$, $r\text{HCO}^{3-}$ и т.д. На основе эквивалентной формы выражения состава можно определить погрешность анализа воды. Эта оценка основана на принципе электронейтральности раствора: сумма концентраций катионов (мг-экв/дм³) равна сумме

концентраций анионов. Анализ воды считается удовлетворительным, если погрешность определения менее 5%.

Процент-эквивалентная форма показывает относительную долю участия того или иного иона в формировании ионно-солевого состава воды. Для вычисления процентного содержания анионов (катионов) их сумму принимают за 100% и рассчитывают процент содержания каждого аниона (катиона) по отношению к их сумме. Процент-эквивалентная форма позволяет устанавливать черты сходства вод, различающихся по минерализации.

Минерализация воды (М) – это сумма минеральных веществ в граммах или миллиграммах, содержащихся в 1 дм³ воды. Для определения М суммируют содержание всех ионов, определенных химическим анализом и выраженных в весовой форме.

Таблица 3.1 – Эквиваленты и переводные коэффициенты наиболее распространенных ионов природных вод

Ион	К	Э	Ион	К	Э
Na^+	23,0	0,0435	Cl^-	35,5	0,0282
K^+	39,1	0,0256	Br^-	79,6	0,0125
NH_4^+	18,0	0,0556	SO_4^{2-}	48,0	0,0208
Ca^{2+}	21,0	0,0499	HCO_3^-	61,0	0,0184
Mg^{2+}	12,2	0,0822	CO_3^{2-}	30,0	0,0328
Fe^{2+}	18,6	0,0538	NO_3^-	62,1	0,0161
Fe^{3+}	27,9	0,0358	I^-	129,6	0,0079
Al^{3+}	8,99	0,1112	F^-	18,99	0,0526
H^+	1,0	1,0	HO_2^-	46,0	0,0217
Mn^{2+}	20,47	0,0364	OH^-	17,0	0,0588
Zn^{2+}	32,68	0,0306	HS^-	33,07	0,0302
Cu^{2+}	31,77	0,0314	$H_2BO_3^-$	60,82	0,0164
Pb^{2+}	103,59	0,0096	$H_2PO_4^-$	96,98	0,0103
Ni^{2+}	29,35	0,0340	$H_2SiO_4^-$	95,10	0,0105
Co^{2+}	29,46	0,0339	$H_2SiO_3^-$	77,09	0,0129
$FeOH^{2+}$	36,43	0,0274	HPO_4^{2-}	47,98	0,0208

Жесткость воды определяется содержанием в ней солей Ca^{2+} и Mg^{2+} . Различают: общую, карбонатную, временную (устранимую), некарбонатную, неустранимую (постоянную) жесткости.

Общая жесткость J_0 определяется как сумма мг-экв ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в 1 дм³ воды и складывается из карбонатной J_k и некарбонатной $J_{нк}$ жесткости:

$$Ж_o = Ж_k + Ж_{нк}; \quad Ж_o = Ca^{2+} + Mg^{2+} \quad (3.6)$$

Оценка агрессивности подземных вод. Агрессивность воды связана с присутствием в ней ионов водорода, свободного диоксида углерода, сульфатов и магния. Агрессивные свойства воды проявляются по отношению к бетону и металлам.

Агрессивность воды по отношению к бетону выражается в разрушительном воздействии подземных вод определенного состава на бетонные сооружения. Оценка качества воды по отношению к бетону производится по нормам и техническим условиям Н 114-54 «Бетон гидротехнический. Признаки и нормы агрессивности воды-среды». Эти нормы учитывают воздействие на бетон следующих видов агрессивности: выщелачивающую, углекислую, общекислотную, сульфатную и магниальную.

1. *Выщелачивающая агрессивность* связана с выщелачиванием карбонатов, главным образом кальция. Если вода, контактирующая с бетоном, содержит низкие концентрации Ca^{2+} , а также HCO_3^- и CO_3^{2-} , то карбонат кальция бетона переходит в раствор. В зависимости от типа цемента в составе бетона вода считается агрессивной при карбонатной жесткости меньшей 0,54-2,14 мг-экв/дм³.

2. *Углекислотная агрессивность* обусловлена высокими концентрациями растворенной в воде углекислоты CO_2 . Эта агрессивность проявляется как в отношении металла (коррозия), так и бетона. Разрушение бетона, как и при выщелачивающей агрессивности, сводится к растворению карбоната кальция. Воды, обладающие карбонатной жесткостью менее 1,4 мг-экв/дм³, следует считать агрессивными, независимо от всех других показателей.

3. *Общекислотная агрессивность* воды связана с повышенной концентрацией водорода (пониженная величина рН). При этом бетон разрушается из-за растворения в кислой среде защитной карбонатной корки. Вода считается агрессивной для всех типов цемента: при рН < 7, если карбонатная жесткость меньше 8,6 мг-экв/дм³; при рН < 6,7, если карбонатная жесткость больше 8,6 мг-экв/дм³ (в пластах высокой проводимости). Для слабопроницаемых пластов вода считается агрессивной при рН < 5.

4. *Сульфатная агрессивность* обусловлена присутствием в воде иона SO_4^{2-} . Этот вид агрессии проявляется в кристаллизации в бетоне новых соединений и выщелачивании бетона. По сульфатной агрессии для обычных цементов воду относят к слабоагрессивной при содержании иона SO_4^{2-} от 250 до 800 мг/дм³ и к агрессивной при содержании более 800 мг/дм³. В породах высокой проводимости для бетона на портландцементе вода считается агрессивной при следующих попарных содержаниях ионов (в мг/дм³):

Cl^-	0-3000	3001-5000	5000
SO_4^{2-}	250-500	501-1000	1000

В породах слабой водопроницаемости вода считается агрессивной при содержании иона $SO_4^{2-} > 1000 \text{ мг/дм}^3$, а для бетонов на пуццолановом, шлаковом и песчано-пуццолановом портландцементе – при содержании иона $SO_4^{2-} > 4000 \text{ мг/дм}^3$, независимо от содержания Cl^- .

5. *Магнезиальная агрессивность* вызывает разрушение и вспучивание бетонных конструкций. Для портландцемента, находящегося в сильно проницаемых породах, вода считается агрессивной при содержании иона $Mg^{2+} > 5000 \text{ мг/дм}^3$, для других видов цемента – при содержании ионов Mg^{2+} и SO_4^{2-} , превышающем следующие попарные соединения ионов (в мг/дм^3):

SO_4^{2-}	0-1000	1001-2000	2001-3000	3001-4000
Mg^{2+}	5000	3001-5000	2001-3000	1000-2000

Агрессивность воды по отношению к металлу связана с корродирующей способностью вод. Агрессивными по отношению к металлу являются воды: углекислые; сероводородные кислые; обогащенные кислородом. Корродирующая способность воды может быть определена при помощи коэффициента коррозии:

- для вод с кислой реакцией:

$$K_k = rH^+ + rAl^{3+} + rFe^{2+} + rMg^{2+} - rCO_3^{2-} - rHCO_3^{2-}, \quad (3.7)$$

- для щелочных вод

$$K_k = rMg^{2+} - rHCO_3^{2-}. \quad (3.8)$$

По величине коэффициента коррозии различают следующие группы вод (содержание Ca^{2+} в мг/дм^3):

- корродирующие, $K_k > 0$;
- полукорродирующие, $K_k < 0$, но $K_k + 0,05 Ca^{2+} > 0$;
- некорродирующие, $K_k + 0,05 Ca^{2+} < 0$.

3.8 Контрольные задания

ЗАДАЧА 3.1. Построить карту гидроизогипс по топографической основе, приведенной на рис. 3.2 (масштаб по указанию преподавателя). Высотные отметки 20 скважин и четырех шурфов, а также глубина залегания подземных вод в них приведены в *Приложении Ж*. Выполнить анализ построенных карт гидроизогипс: показать направление движения грунтовых вод стрелками; определить гидравлический уклон (градиент) потока грунтовых вод в местах максимального (в пределах карты) уклона; определить глубину залегания грунтовых вод в точках А.

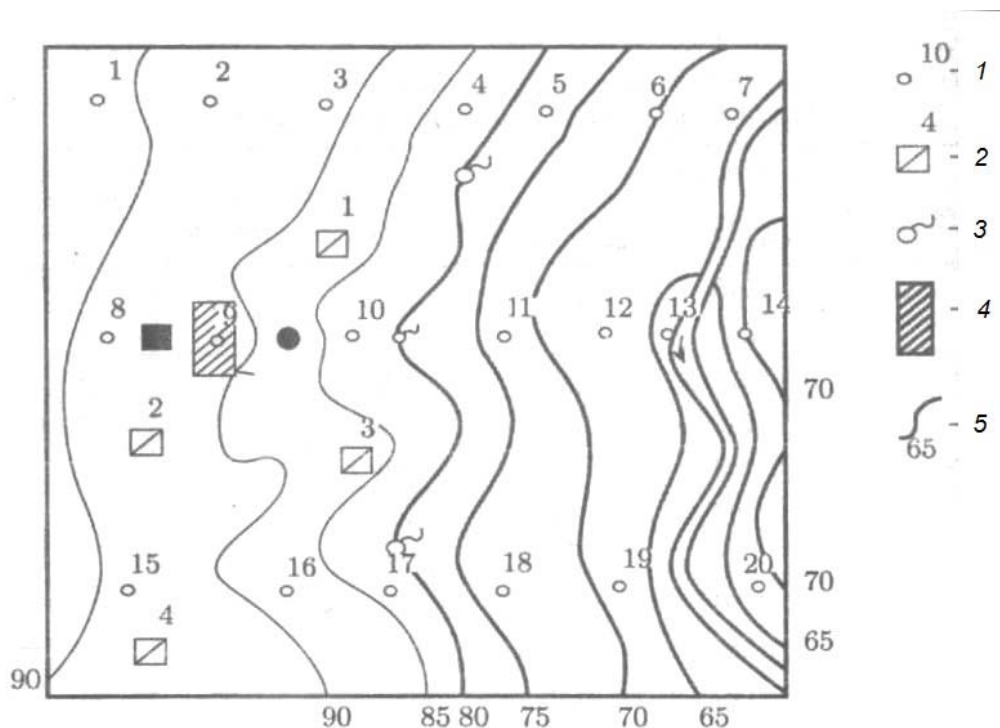


Рисунок 3.2 – Топографическая основа для построения карты гидроизогипс (масштаб по указанию преподавателя):

1 – скважина и ее номер; 2 – шурф и его номер; 3 – источник; 4 – загрязняющий объект, 5 – горизонталь рельефа и её абсолютная отметка;

■, ● – точки А

ЗАДАЧА 3.2. Обработать результаты химического анализа воды, приведенные в *Приложении 3*, выраженные в весовой форме (выполняется вариант, указанный преподавателем). Указания к заданию:

Обработку анализа выполнить в следующей последовательности:

1. Перевести анализ воды из весовой в эквивалентную и процент-эквивалентную формы (см. табл. 3.1). Результаты анализа свести в таблицу 3.2.

2. Вычислить погрешность анализа по формуле:

$$E = \frac{\sum r_k - \sum r_a}{\sum r_k + \sum r_a};$$

3. Определить минерализацию воды.

4. Вычислить жесткость воды.

5. Оценить пригодность воды для питья.

6. Оценить агрессивность воды по отношению к бетонным и металлическим конструкциям.

Таблица 3.2 – Пересчет химических анализов воды из весовой в эквивалентную и процент-эквивалентную форму

Катион	Содержание иона			Анион	Содержание иона		
	мг/дм ³	мг-ЭКВ/дм ³	%-ЭКВ		мг/дм ³	мг-ЭКВ/дм ³	%-ЭКВ
...				...			
Сумма				Сумма			

ПР №4. Атмосфера. Источники загрязнения атмосферы. Установление нормативов ПДВ. Расчет загрязнения атмосферы вредными веществами

4.1 Атмосфера. Источники загрязнения атмосферы

Загрязняющее вещество – примесь в атмосферном воздухе, оказывающая при определенных концентрациях неблагоприятное воздействие на здоровье человека, объекты растительного и животного мира и другие компоненты окружающей природной среды или наносящая ущерб материальным ценностям.

Выбросы характеризуются по четырем признакам: по агрегатному состоянию, химическому составу, размеру частиц и массовому расходу выброшенного вещества.

По агрегатному состоянию все загрязняющие вещества антропогенного происхождения подразделяются на твердые, жидкие и газообразные, причем последние составляют около 90% от общей массы выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ.

Источники выбросов промышленных предприятий бывают стационарными, когда координата источника выброса не изменяется во времени, и передвижными (нестационарными), например, автотранспорт.

Источники выбросов в атмосферу подразделяют на: точечные, линейные и площадные.

Точечные источники – это загрязнения, сосредоточенные в одном месте, например, дымовые трубы, вентиляционные шахты и т.д.

Линейные источники имеют значительную протяженность, например, автотрассы.

При *площадных источниках* удаляемые загрязнения рассредоточены по плоскости промышленной площадки предприятия (например, открытые очистные сооружения сточных вод).

Источники выбросов подразделяются также на: *организованные* и *неорганизованные*. Из организованного источника загрязняющие вещества поступают в атмосферу через специально сооруженные газоходы, воздуховоды и трубы.

В зависимости от высоты (H) устья источника выброса вредного вещества над уровнем земной поверхности источники выбросов делятся на четыре класса:

- ✓ высокие источники ($H \geq 50$ м);
- ✓ источники средней высоты ($H = 10 \dots 50$ м);
- ✓ низкие источники ($H = 2 \dots 10$ м);
- ✓ наземные источники ($H \leq 2$ м).

Неорганизованный источник образуется в результате нарушения герметичности оборудования, отсутствия или неудовлетворительной работы оборудования по отсосу пыли и газов, в местах загрузки, выгрузки или хранения продукта. К неорганизованным источникам относят автостоянки, склады горюче-смазочных или сыпучих материалов и другие площадные источники.

Наиболее распространенными загрязняющими веществами, поступающими в атмосферный воздух от техногенных источников, являются: оксид углерода (CO), диоксид серы (SO₂), оксиды азота (NO_x), углеводороды (C_m H_n), пыль.

Большая часть загрязнителей, выделяемых промышленностью и транспортом, концентрируется в приземном слое атмосферы до высоты в несколько сот метров над поверхностью Земли.

Наибольшее количество вредных и токсичных веществ имеют выбросы предприятий черной и цветной металлургии, химическая и нефтехимическая промышленность, стройиндустрия, энергетические предприятия, целлюлозно-бумажная промышленность, автотранспорт, а в некоторых городах – и котельные.

Черная металлургия. Процессы выплавки чугуна и переработка его на сталь сопровождаются выбросом в атмосферу различных газов. Выброс пыли в расчете на 1 т передельного чугуна составляет 4,5 кг, сернистого газа – 2,7 кг, марганца – 0,1-0,6 кг. Вместе с доменным газом в атмосферу в небольших количествах выбрасываются также соединения мышьяка, фосфора, сурьмы, свинца, пары ртути и редких металлов, цианистый водород и смолистые вещества.

Значительно загрязняют атмосферу выбросы мартеновских и конвертерных сталеплавильных цехов. Преобладающая часть пыли мартеновских печей состоит из триоксида железа (67%) и триоксида алюминия (6,7%). При бескислородном процессе на 1 т мартеновской стали выделяется 3000-4000 м³ газов с концентрацией пыли в среднем 0,5 г/м³. При подаче кислорода в зону расплавленного металла пылеобразование многократно увеличивается, достигая 15-52 г/м³. Кроме того, плавление стали сопровождается выгоранием некоторых количеств углерода и серы, в связи с чем в отходящих газах мартеновских печей при кислородном дутье содержится до 60 кг окиси углерода и до 3 кг сернистого газа в расчете на 1 т выплавляемой стали.

Цветная металлургия. Вредные вещества образуются при производстве глинозема, алюминия, меди, свинца, олова, цинка, никеля и др. металлов. В основном предприятия цветной металлургии загрязняют атмосферный воздух сернистым ангидридом (75% суммарного выброса в атмосферу), окисью углерода (10,5%) и пылью (10,4%).

Химическая и нефтехимическая промышленность. Выбросы в атмосферу происходят при производстве кислот (серной, соляной, азотной, фосфорной и др.), резинотехнических изделий, фосфора, пластических масс, красителей и моющих средств, искусственного каучука, минеральных удобрений, растворителей (толуола, ацетона, фенола, бензола), крекинге нефти.

Разнообразием исходного сырья для производства определяется состав загрязняющих веществ – в основном окись углерода (28% суммарного выброса в атмосферу), сернистый ангидрид (16,3%), окислы азота (6,8%) и др. В выбросах содержится аммиак (3,7%), бензин (3,3%), сероуглерод (2,5%),

сероводород (0,6%), толуол (1,2%), ацетон (0,95%), бензол (0,7%), ксилол (0,3%), дихлорэтан (0,6%), серная кислота (0,3%).

Склады нефтепродуктов являются одним из наиболее распространенных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Такие склады имеются во всех населенных пунктах. Они сосредоточены на автозаправочных станциях, в автотранспортных предприятиях, гаражах, постах технического обслуживания автомобилей.

Строительная промышленность. Производство цемента и других вяжущих, стеновых материалов, асбестоцементных изделий, строительной керамики, тепло- и звукоизоляционных материалов, строительного и технического стекла сопровождается выбросами в атмосферу пыли и взвешенных веществ (57,1% от суммарного выброса), окиси углерода (21,4%), сернистого ангидрида (10,8%) и окислов азота (9%).

Основными источниками загрязнения атмосферы при производстве железобетонных изделий являются места разгрузки железнодорожных вагонов с цементом, песком и щебнем, места загрузки цемента в емкости пневмотранспортером, расходные бункера, бетоносмесители, емкости для приготовления и хранения смазочных материалов, посты ручной и полуавтоматической сварки арматуры.

Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность. Наиболее крупные предприятия отрасли сосредоточены в Восточно-Сибирском, Северном, Северо-Западном и Уральском регионах, а также в Калининградской области. Характерные загрязняющие вещества, производимые этими предприятиями, - твердые вещества (29,8% суммарного выброса в атмосферу), окись углерода (28,2%), сернистый ангидрид (26,7%), окислы азота (7,9%), толуол (1%), сероводород (0,9%), ацетон (0,5%), формальдегид (0,1%).

В сельской местности источниками загрязнения атмосферного воздуха являются животноводческие и птицеводческие хозяйства, промышленные комплексы по производству мяса, предприятия, обслуживающие технику, энергетические и теплосиловые предприятия. Над территориями, примыкающими к помещениям для содержания скота и птицы, в атмосферном воздухе распространяются на значительные расстояния аммиак, сероводород и другие вредные газы.

В растениеводческих хозяйствах в атмосферный воздух попадают частицы минеральных удобрений, пестицидов при протравлении полей и семян на складах, а также на хлопкоочистительных заводах.

Машиностроение. На машиностроительных предприятиях основными источниками загрязнения атмосферы являются следующие виды производства: сварка и тепловая резка металла, литейное производство, механическая обработка металлов, нанесение лакокрасочных покрытий.

При выполнении сварочных работ и тепловой резке металла в воздух выделяется сварочный аэрозоль, в составе которого в зависимости от вида сварки, марок электрода и флюса содержатся оксиды металлов (железа, марганца, хрома, ванадия, алюминия, цинка, меди и др.) в виде твердых частиц

и газообразные соединения (фтористый водород, оксид углерода, оксиды азота, озон). Образующийся аэрозоль характеризуется мелкой дисперсностью - скорость витания частиц не превышает 0,1 м/с.

Механическая обработка металлов (резание и абразивная обработка) сопровождается выделением в атмосферу пыли, стружки, туманов масел и эмульсий. Объем выбросов определяется исходя из нормо-часов работы станочного парка. Интенсивность пылеобразования при резании зависит от вида и мощности установленного оборудования, скорости резания, величины подачи режущего инструмента, геометрических параметров режущего инструмента, состава материалов обрабатываемого изделия. Интенсивность пылеобразования при абразивной обработке зависит от мощности станка, глубины резания, диаметра шлифовального круга. Размер частиц пыли - 15-60 мкм.

Основными источниками загрязнения атмосферы в литейном производстве являются плавильные агрегаты, шихтовой двор, участки подготовки формовочных и стержневых смесей, разлива металла и очистки литья.

4.2 Установление нормативов ПДВ

Для количественной оценки содержания примеси в атмосфере используется понятие концентрации количества вещества, содержащегося в единице объема воздуха, приведенного к нормальным условиям.

Качество атмосферного воздуха – это совокупность его свойств, определяющая степень воздействия физических, химических и биологических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на материалы, конструкции и окружающую среду в целом. Качество атмосферного воздуха может считаться удовлетворительным, если содержание примесей в нем не превышает *предельно допустимых концентраций* (ПДК).

ПДК – это максимальная концентрация в атмосфере, отнесенная к определенному промежутку времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него и на окружающую среду в целом прямого или косвенного воздействия, включая отдаленные последствия.

Для оценки качества атмосферного воздуха установлены две категории ПДК: *максимально разовая* (ПДК_{мр}) и *среднесуточная* (ПДК_{сс}).

ПДК_{мр} – основная характеристика опасности вредного вещества. Установлена для предупреждения рефлекторных реакций у человека (ощущение запаха, световой чувствительности) при кратковременном воздействии атмосферных примесей (в течение 20 мин). По этому нормативу оцениваются вещества, обладающие запахом или воздействующие на другие органы чувств человека.

ПДК_{сс} – установлена для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и другого влияния вещества на организм человека. Вещества, оцениваемые по этому нормативу, обладают способностью временно или постоянно накапливаться в организме человека.

Для каждого проектируемого и действующего объекта, являющегося стационарным источником загрязнения воздушного бассейна, устанавливают нормативы *предельно допустимых выбросов* (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

ПДВ – это норматив, устанавливаемый для каждого конкретного источника исходя из условия, что выбросы вредных веществ от данного источника в совокупности с другими источниками не создают приземную концентрацию, превышающую ПДК за пределами санитарно-защитной зоны.

Это максимальные выбросы в единицу времени для данного природопользователя по данному компоненту, которые создают в приземном слое атмосферы максимальную концентрацию этого вещества C_{mi} , не превышающую ПДК, с учетом фоновой загрязненности C_{fi} . При этом должно выполняться условие:

$$ПДВ_i \rightarrow C_{mi} + C_{fi} / ПДК_{mri} \leq 1$$

Фоновая концентрация C_f характеризует загрязнение атмосферы в населенном пункте, создаваемое другими источниками, исключая данный, относится к тому же интервалу осреднения (~ 20 минут), что и C_{mi} .

Температурная стратификация – (лат. *temperatura* – правильное соотношение, нормальное состояние и *stratum* – слой, настил, *facio* – делаю). Высотное распределение температуры воздуха в атмосфере, закономерно понижающееся на $0,6-1^\circ\text{C}$ на 100 м подъема. При устойчивой температурной стратификации обычна ясная безоблачная погода. При падении температур на 100 м меньше $0,6^\circ\text{C}$ температурная стратификация становится неустойчивой, нарастает вертикальное движение воздуха, начинают формироваться облака, возникает конвективная фронтальная облачность. Коэффициент температурной стратификации атмосферы определяет условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе.

Для каждого города на основании нормативов ПДВ предприятий и фоновой состава атмосферного воздуха разрабатывают общегородские нормативы ПДВ, в соответствии с которыми индивидуальные ПДВ предприятий могут быть пересмотрены в сторону уменьшения.

Предельно допустимые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу регламентируются ГОСТ 17.2.3.02-78 и ОНД-86. Указанные документы определяют предельно допустимые выбросы для каждого конкретного источника. Использование нормативных показателей выбросов позволяет объективно оценить превышение предельно допустимых концентраций вредных веществ или веществ и примесей, входящих в состав выбрасываемых газов в двухметровом слое на уровне земли, а также в вертикальном и горизонтальном сечении дымового факела на расстоянии не более 100 км от источника.

Степень загрязнения воздуха вблизи некоторого источника вредных выбросов в значительной степени зависит от процессов переноса и рассеивания вредных примесей в атмосфере.

Рассеивание вредных выбросов – уменьшение концентрации загрязнителя атмосферы под воздействием физических причин (поток воздуха, диффузии

газов и т. д.) по мере удаления от источника выброса. На процесс рассеивания выбросов существенное влияние оказывают: состояние атмосферы, расположение предприятий и источников выбросов, характер местности, физические и химические свойства выбрасываемых веществ, высота источника, диаметр устья и т. п. Горизонтальное перемещение примесей определяется в основном скоростью ветра, а вертикальное – распределением температур в вертикальном направлении. Распределение концентрации вредных веществ в атмосфере над факелом организованного высокого источника выброса показано на рисунке 4.1.

По мере удаления от трубы в направлении распространения выбросов можно условно выделить три зоны загрязнения атмосферы:

- переброс факела выбросов, характеризующийся относительно невысоким содержанием вредных веществ в приземном слое атмосферы;
- задымление с максимальным содержанием вредных веществ;
- постепенное снижение уровня загрязнения.

Для осуществления охраны окружающей среды широко используются расчётные методы определения воздействия на окружающую среду с целью его нормирования и контроля.

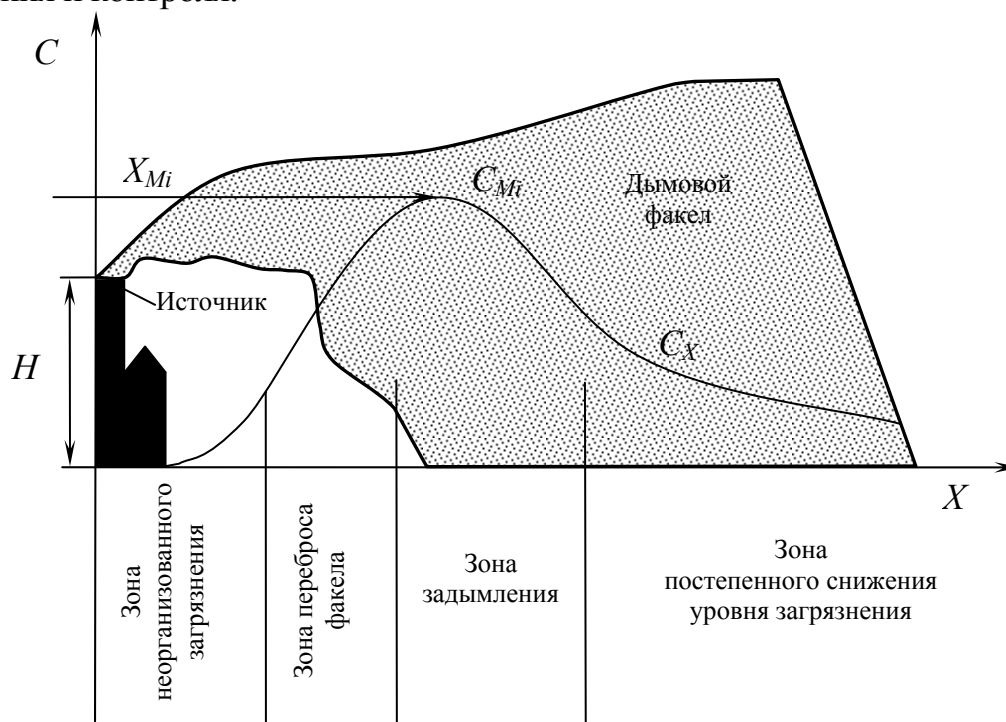


Рисунок 4.1 – Распределение концентрации вредных веществ в атмосфере над факелом

Расчет загрязнения атмосферы вредными веществами, содержащимися в выбросах, заключается в определении концентрации этих веществ C в приземном слое воздуха. Степень опасности загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха выбросами вредных веществ определяется по наибольшему рассчитанному значению приземной концентрации вредных веществ C_M , которое может устанавливаться на некотором расстоянии от места выброса X_M , соответствующем наиболее неблагоприятным метеорологическим условиям (когда скорость ветра достигает опасного

значения u_M , наблюдается интенсивный вертикальный турбулентный обмен и др.).

4.3 Расчет загрязнения атмосферы вредными веществами (от одиночного источника)

4.3.1 Горячие выбросы ($\Delta T > 0$)

4.3.1.1 Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества C_m (мг/м^3) при выбросе газовойоздушной смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии X_m (м) от источника и определяется по формуле:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} \quad (4.1)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы; $\text{с}^{1/3} \cdot \text{град}^{2/3} \cdot \text{мг/г}$;

M – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

m, n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовойоздушной смеси из устья источника выброса;

H – высота источника выброса над уровнем земли, м;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, $\eta = 1$;

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовойоздушной смеси T_r и температурой окружающего атмосферного воздуха $T_b, ^\circ\text{C}$;

V_1 – расход газовойоздушной смеси, определяемый по формуле:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \omega_0, \quad (4.2)$$

где D – диаметр устья источника выброса, м;

ω_0 – средняя скорость выхода газовойоздушной смеси из устья источника выброса, м/с.

Значение коэффициента A , соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, принимается равным:

а) 250 – для районов Средней Азии южнее 40° с.ш., Бурятской АР и Читинской области;

б) 200 – для Европейской территории России: для районов южнее 50° с.ш., для остальных районов Нижнего Поволжья, Кавказа, для Азиатской территории России: Дальнего Востока и остальной территории Сибири; для Казахстана, Средней Азии и Молдовы;

в) 180 – для Европейской территории России и Урала от 50° до 52° с.ш. за исключением попадающих в эту зону перечисленных выше районов;

г) 160 – для Европейской территории России и Урала севернее 52° с.ш. (за исключением Центра Европейской территории), а также для Украины (для расположенных на Украине источников высотой менее 200 м в зоне от 50° до 52° с.ш. – 180, а южнее 50° с.ш. – 200);

д) 140 – для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Калужской, Ивановской областей.

Значения мощности выброса M (г/с) и расхода газовойздушной смеси V_1 (м³/с) при проектировании предприятий определяются расчетом в технологической части проекта или принимаются в соответствии с действующими для данного производства (процесса) нормативами. В расчете принимаются сочетания M и V_1 , реально имеющие место в течение года при установленных (обычных) условиях эксплуатации предприятий, при которых достигаются максимальные значения C_m .

Значение M следует относить к 20-30-минутному периоду осреднения, в том числе и в случаях, когда продолжительность выброса менее 20 минут.

При определении значения ΔT следует принимать температуру окружающего атмосферного воздуха T_b , равной средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца года по СНиП 2.01.01-82, а температуру выбрасываемой в атмосферу газовойздушной смеси T_r – по действующим для данного производства технологическим нормативам.

Для котельных, работающих по отопительному графику, допускается при расчетах принимать значения T_b , равными средним температурам наружного воздуха за самый холодный месяц по СНиП 2.01.01-82.

При отсутствии данных по T_b в СНиП 2.01.01-82 они запрашиваются территориальным управлением Госкомгидромета (УГКС) по месту расположения предприятия.

Значение безразмерного коэффициента F принимается:

а) для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, зола и т.п.; скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) – 1;

б) для мелкодисперсных аэрозолей при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов θ .

- не менее 90% (либо скорости оседания аэрозолей $v_{oc} \leq 1$ см/с) – 2;

- от 75 до 90% (или при $1 < v_{oc} \leq 20$) – 2,5;

- менее 75% и при отсутствии очистки (или при $v_{oc} > 20$) – 3.

При наличии данных о распределении на выбросе частиц аэрозолей по размерам определяются диаметр d_g , так что масса всех частиц диаметром больше d_g составляет 5% общей массы частиц, и соответствующая d_g скорость оседания (витания) v_g , м/с.

Скорость витания частицы рассчитывается по закону Стокса:

$$v_g = gd^2\rho/18\mu, \quad (4.3)$$

где d – диаметр частицы, м;

ρ – плотность частицы, кг/м³;

μ – динамическая вязкость воздуха, н·с/м²;

g – ускорение свободного падения, м/с.

Уравнение Стокса предполагает сферическую форму частиц. Поскольку реальные частицы не сферичны, скорости их витания ниже, то расчет содержит некоторый запас экологической надежности.

В этом случае значения коэффициента F устанавливаются в зависимости от безразмерного отношения, v_g / u_m , где u_m – опасная скорость ветра, определяемая по формулам 4.14 – 4.16. При этом принимает значения:

$F = 1$ при $v_g / u_m \leq 0,015$;

$F = 1,5$ при $0,015 < v_g / u_m \leq 0,030$;

$F = 2$ при $v_g / u_m > 0,03$ и степени очистки $\theta > 90\%$;

$F = 2,5$ при $v_g / u_m > 0,03$ и степени очистки $75 < \theta < 90\%$;

$F = 3$ при $v_g / u_m > 0,03$ и отсутствии очистки

Вне зависимости от эффективности очистки значение коэффициента F принимается равным 3 при расчетах концентраций пыли в атмосферном воздухе для производств, в которых содержание водяного пара в выбросах достаточно для того, чтобы в течение всего года наблюдалась его интенсивная конденсация сразу же после выхода в атмосферу, а также коагуляция влажных пылевых частиц (например, при производстве глинозема мокрым способом).

Значения коэффициента m определяются в зависимости от параметра f :

$$f = 1000 \frac{w_0^2 D}{H^2 \Delta T}; \quad (4.4)$$

При $f < 100$ коэффициент m определяется по формуле:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} \quad (4.5)$$

При $f > 100$ коэффициент m определяется по формуле:

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \quad (4.6)$$

Коэффициент n определяется в зависимости от параметра V_m :

$$V_m = 0,65\sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}}; \quad (4.7)$$

Коэффициент n определяется по формулам:

$$n = 1 \text{ при } V_m \geq 2; \quad (4.8)$$

$$n = 3 - \sqrt{(V_m - 0,3) \cdot (4,36 - V_m)} \text{ при } 0,5 \leq v_m < 2; \quad (4.9)$$

$$n = 3 \text{ при } V_m < 0,3 \quad (4.10)$$

Если при этом $V_m < 0,3$ (случай предельно малых опасных скоростей ветра), то расчет C_m вместо (4.1) производится по формуле:

$$C_m = \frac{AMFm'\eta}{H^{7/3}}, \quad (4.11)$$

где $m' = 2,86m$.

4.3.1.2 Расстояние X_m от источника выбросов, на котором концентрация загрязняющих веществ C при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения C_m , определяется по формуле, м:

$$x_m = \frac{5-F}{4} dH, \quad (4.12)$$

где безразмерный коэффициент d находится по формулам:

$$d = 2,48 \times (1 + 0,28 \times \sqrt[3]{f}) \text{ при } V_m \leq 0,3; \quad (4.13)$$

$$d = 4,95 V_m \times (1 + 0,28 \times \sqrt[3]{f}) \text{ при } 0,3 < V_m \leq 2; \quad (4.14)$$

$$d = 7 \sqrt{V_m} \times (1 + 0,28 \times \sqrt[3]{f}) \text{ при } V_m > 2. \quad (4.15)$$

Концентрации, рассчитанные по формуле 4.12, представляют собой координатные максимумы, наблюдаемые под осью факела на расстоянии X_m от источника при опасной скорости ветра. Дальше и ближе X_m и при удалении от оси концентрации падают.

4.3.1.3 Опасная скорость ветра u_m на уровне флюгера (10 м от уровня земли), при которой достигается наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ C_m , определяется по формулам, м/с:

$$u_m = 0,5 \text{ при } V_m \leq 0,3; \quad (4.16)$$

$$u_m = V_m \text{ при } 0,3 < V_m \leq 2; \quad (4.17)$$

$$u_m = V_m (1 + 0,12 \sqrt{f}) \text{ при } V_m > 2. \quad (4.18)$$

4.3.1.4 Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества C_{mu} при неблагоприятных метеорологических условиях и скорости ветра u , отличающейся от опасной скорости ветра u_m , определяется по формуле, мг/м³:

$$C_{mu} = r \cdot C_m \quad (4.19)$$

где r – безразмерная величина, определяемая в зависимости от отношения u/u_m по формулам:

$$r = 0,67(u/u_m) + 1,67(u/u_m)^2 - 1,34(u/u_m)^3 \quad (4.20)$$

при $u/u_m \leq 1$;

$$r = \frac{3(u/u_m)}{2(u/u_m)^2 - (u/u_m) + 2} \quad (4.21)$$

при $u/u_m > 1$.

При проведении расчетов не используются значения скорости ветра $u < 0,5$, а так же скорости ветра $u > u^*$, где u^* – значение скорости ветра, превышаемое в данной местности в среднем многолетнем режиме в 5% случаев. Это значение запрашивается в УГКС Госкомгидромета, на территории которого располагается предприятие или определяется по климатическому справочнику.

4.3.1.5 Расстояние от источника выброса $X_{\text{му}}$, на котором при скорости ветра u и неблагоприятных метеорологических условиях приземная концентрация вредных веществ достигает максимального значения $C_{\text{ву}}$, определяется по формуле:

$$X_{\text{му}} = p \cdot X_{\text{м}}, \quad (4.22)$$

где p – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения $u/u_{\text{м}}$ по формулам:

$$p = 3 \text{ при } u/u_{\text{м}} \leq 0,25; \quad (4.23)$$

$$p = 8,43(1 - u/u_{\text{м}})^5 + 1 \text{ при } 0,25 < u/u_{\text{м}} \leq 1; \quad (4.24)$$

$$p = 0,32u/u_{\text{м}} + 0,68 \text{ при } u/u_{\text{м}} \geq 1. \quad (4.25)$$

4.3.1.6 При опасной скорости ветра $u_{\text{м}}$ приземная концентрация вредных веществ C (мг/м³) в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях X (м) от источника выброса определяется по формуле:

$$C = s_1 C_{\text{м}}, \quad (4.26)$$

где s_1 – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения $X/X_{\text{м}}$ и коэффициента F из рисунка 4.2 или по формулам:

$$s_1 = 3(X/X_{\text{м}})^4 - 8(X/X_{\text{м}})^3 + 6(X/X_{\text{м}})^2 \text{ при } X/X_{\text{м}} \leq 1; \quad (4.27)$$

$$s_1 = \frac{1,13}{0,13(X/X_{\text{м}})^2 + 1} \text{ при } 1 < X/X_{\text{м}} \leq 8; \quad (4.28)$$

$$s_1 = \frac{X/X_{\text{м}}}{3,58(X/X_{\text{м}})^2 - 35,2(X/X_{\text{м}}) + 120} \text{ при } F \leq 1,5 \text{ и } X/X_{\text{м}} > 8; \quad (4.29)$$

$$s_1 = \frac{1}{0,1(X/X_{\text{м}})^2 + 2,47(X/X_{\text{м}}) - 17,8} \text{ при } F > 1,5 \text{ и } X/X_{\text{м}} > 8. \quad (4.30)$$

Для низких и наземных источников (высотой H не более 10 м) при значениях $X/X_{\text{м}} < 1$ величина s_1 в (4.26) заменяется на величину s_1^H , определяемую в зависимости от $X/X_{\text{м}}$ и H по рис. (4.5) или по формуле:

$$s_1^H = 0,125(10 - H) + 0,125(H - 2)s_1 \text{ при } 2 \leq H < 10. \quad (4.31)$$

Аналогично определяется значение концентрации вредных веществ на различных расстояниях по оси факела при других значениях скоростей ветра u и неблагоприятных метеорологических условиях. По формулам (4.19), (4.22) определяются значения величин $C_{\text{му}}$ и $X_{\text{мм}}$. В зависимости от отношения $X/X_{\text{м}}$ определяется значение s_1 по формулам (4.27–4.30).

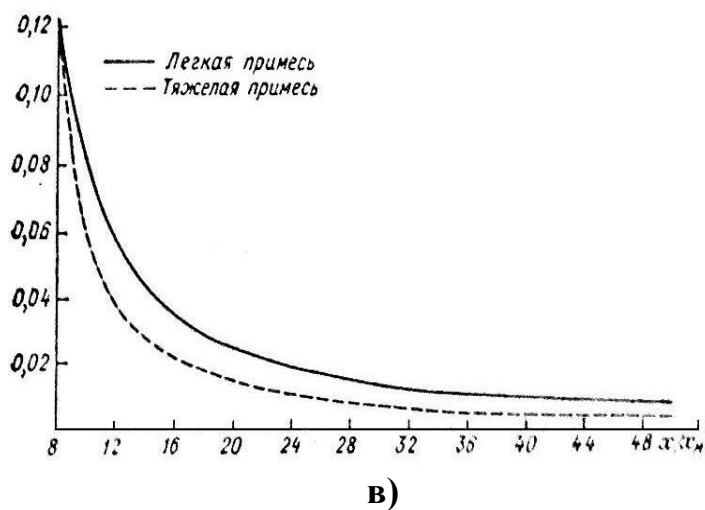
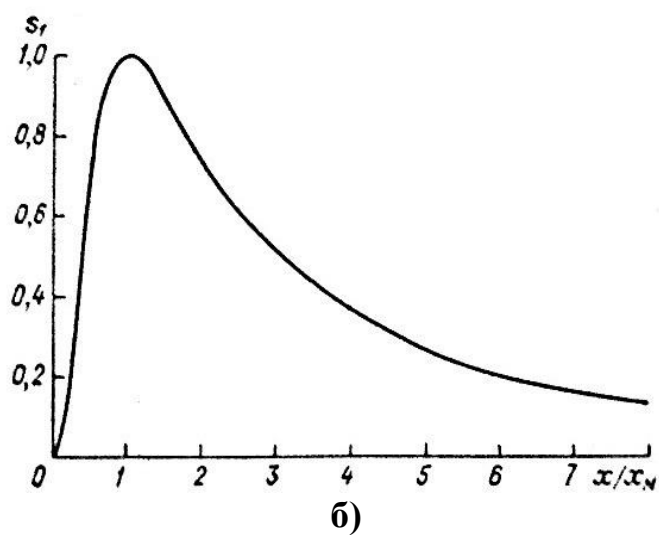
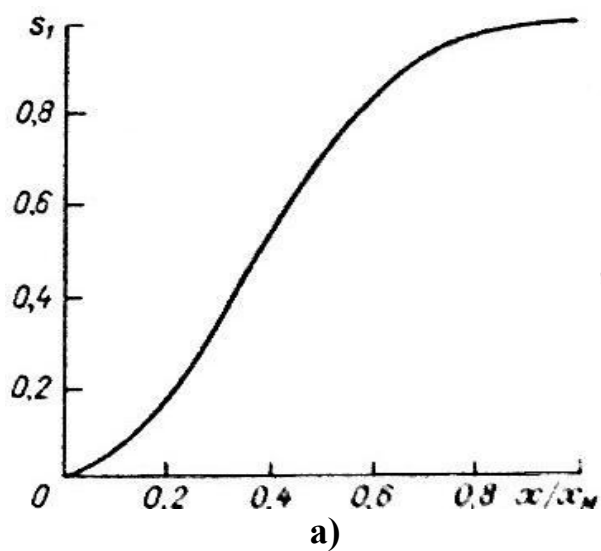


Рисунок 4.2 (а, б, в) – Графики нахождения параметра s_1

Искомое значение концентрации вредного вещества определяется путем умножения $C_{ми}$ на s_1 .

4.3.1.7 Расчеты загрязнения атмосферы при выбросах газовойздушной смеси из источника с прямоугольным устьем (шахты) производятся по приведенным

выше формулам при средней скорости ω_0 и значениях $D = D_9$ (м) и $V_1 = V_{t3}$ (м³/с).

Средняя скорость выхода в атмосферу газовой смеси ω_0 (м/с) определяется по формуле:

$$\omega_0 = \frac{V_1}{Lb}, \quad (4.32)$$

где L (м) – длина устья;
 b (м) – ширина устья.

Эффективный диаметр устья D_9 (м) определяется по формуле:

$$D_9 = \frac{2Lb}{L+b}. \quad (4.33)$$

Эффективный расход выходящей в атмосферу в единицу времени газовой смеси V_{19} (м³/с) определяется по формуле:

$$V_{19} = \frac{\pi D_9^2}{4} \omega_0. \quad (4.34)$$

Для источников с квадратным устьем ($L=b$) эффективный диаметр D_9 равняется длине стороны квадрата. В остальном расчет рассеивания вредных веществ производится как для выбросов из источника с круглым устьем.

4.3.2 Холодные выбросы ($\Delta T \approx 0$)

4.3.2.1 Для холодных выбросов при расчете c_m вместо формулы (4.1) используется формула:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta}{H^{4/3}} \cdot K, \quad (4.35)$$

где
$$K = \frac{D}{8V_1} = \frac{1}{7,1\sqrt{w_0 V_1}}, \quad (4.36)$$

причем n определяется по формулам (4.8) – (4.10) при $V_m = V'_m$,

где
$$V'_m = 1,3 \frac{w_0 D}{H}; \quad (4.37)$$

Аналогично при $V_m < 0.5$ (случай предельно малых опасных скоростей ветра) расчет C_m вместо (4.1) производится по формуле 4.11, где $m' = 0.9$.

Формулы (4.11) и (4.35) являются частными случаями общей формулы (4.1).

4.3.2.2 Расстояние X_m , (м) от источника выбросов при $\Delta T \approx 0$ находят по формуле 4.12, где значение d находится по формулам:

$$d = 5,7 \text{ при } V'_m \leq 0,3; \quad (4.38)$$

$$d = 11,4 V'_m \text{ при } 0,3 < V'_m \leq 2 \quad (4.39)$$

$$d = 16\sqrt{V'_m} \text{ при } V'_m > 2. \quad (4.40)$$

4.3.2.3 Опасная скорость ветра u_m вычисляется по формулам:

$$u_M = 0,5 \text{ при } V'_M \leq 0,3; \quad (4.41)$$

$$u_M = V'_M \text{ при } 0,3 < V'_M \leq 2; \quad (4.42)$$

$$u_M = 2,2V'_M \text{ при } V'_M > 2. \quad (4.43)$$

Остальные расчеты производятся аналогично расчетам для горячих выбросов.

4.4 Контрольные задания

ЗАДАЧА 4.1 (Пример расчета)

Исходные данные

Пункт нахождения предприятия	Казахстан
Высота трубы	$H = 50 \text{ м};$
Размер устья трубы	$D = 2 \text{ м};$
Объем газовой смеси	$V_1 = 11,11 \text{ м}^3/\text{с};$
Валовой выброс	$M = 9 \text{ г/с};$
Средняя температура наиболее жаркого мес.	$T_B = 24,5 \text{ }^\circ\text{C};$
Температура выходящих газов	$T_T = 100 \text{ }^\circ\text{C};$
Скорость ветра	$u = 1 \text{ м/с};$
Концентрация фонового загрязнения	$C_\phi = 0,02 \text{ мг/м}^3;$ $\text{ПДК} = 0,15 \text{ мг/м}^3.$

Определить

1. C_M ,
2. $C_M (u = 1 \text{ м/с}),$
3. $X_M (u = 1 \text{ м/с}),$
4. $C_M (x = 200 \text{ м}),$
5. $C_M (x = 400 \text{ м}),$
6. $C_M (x = 600 \text{ м}),$
7. $C_M (x = 800 \text{ м}),$
8. $C_M (x = 1000 \text{ м}),$
9. ПДВ,
10. $H_{\min}.$

Начертить график по полученным расчетным данным (п. 10, табл. 1).

Решение

Для Казахстана значение коэффициента $A = 200;$

$F = 1$ (мелкодисперсная пыль);

$\Delta T = 100 - 24,5 = 75,5 \text{ }^\circ\text{C}.$

1. Находим среднюю скорость газовой смеси из устья трубы

$$\omega_0 = \frac{4 \cdot V_1}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 11,11}{3,14 \cdot 2^2} = 3,54 \text{ м/с}.$$

2. Определение параметров:

$$f = 10^3 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = 10^3 \cdot \frac{3,54^2 \cdot 2}{50^2 \cdot 75,5} = 0,13;$$

$$V_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{11,11 \cdot 75,5}{50}} = 1,66 \text{ м/с};$$

Так как $f = 0,13 < 100$ находим коэффициент m по формуле:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,13} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,13}} = 1,14.$$

При $V_M = 1,66$ м/с, т.е. $0,3 < V_M < 2$, получаем

$$n = 3 - \sqrt{(V_M - 0,3) \cdot (4,36 - V_M)} = 3 - \sqrt{(1,66 - 0,3) \cdot (4,36 - 1,66)} = 1,08.$$

3. Определяем максимальную приземную концентрацию вредных веществ:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 9 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1,08}{50^2 \cdot \sqrt[3]{11,11 \cdot 75,5}} = 0,092 \text{ мг/м}^3.$$

4. Вычисляем суммарную концентрацию (с учетом фоновой):

$$C_\Sigma = C_M + C_\Phi = 0,092 + 0,02 = 0,094 \text{ мг/м}^3,$$

$$C_\Sigma \leq \text{ПДК} = 0,15 \text{ мг/м}^3.$$

5. Определяем расстояние X_M от источника, на котором наблюдается максимальная концентрация вредных веществ.

При $V_M = 1,66$ м/с ($0,5 < V_M < 2$) получаем

$$d = 4,95 \cdot V_M \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) = 4,95 \cdot 1,66 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{0,13}) = 9,38.$$

Так как $F = 1$,

$$X_M = d \cdot H = 9,38 \cdot 50 = 469 \text{ м.}$$

6. Находим опасную скорость ветра при $V_M = 1,66$ м/с ($0,5 < V_M < 2$)

$$u_M = V_M = 1,66 \text{ м/с.}$$

7. При заданной скорости ветра $u = 1$ м/с получаем

$$\frac{u}{u_M} = \frac{1}{1,66} \approx 0,6 < 1;$$

$$r = 0,67 \left(\frac{u}{u_M} \right) + 1,67 \left(\frac{u}{u_M} \right)^2 - 1,34 \left(\frac{u}{u_M} \right)^3 = 0,67 \cdot 0,6 + 1,67 \cdot 0,6^2 - 1,34 \cdot 0,6^3 = 0,71.$$

8. Максимальная концентрация вредных веществ при заданной скорости ветра

$$C_{Mu} = r \cdot C_M = 0,71 \cdot 0,092 = 0,06 \text{ мг/м}^3.$$

9. Вычисляем расстояние от источника выброса X_{Mu} , на котором при заданной скорости ветра приземная концентрация вредных веществ достигает максимального значения C_{Mu} : при $0,25 < u/u_M < 1$

$$p = 8,43 \cdot \left(1 - \frac{u}{u_M} \right)^5 + 1 = 8,43 \cdot (1 - 0,6)^5 + 1 = 1,08;$$

$$x_{Mu} = p \cdot x_M = 469 \cdot 1,08 = 506,6 \text{ м.}$$

10. Определяем концентрацию вредных веществ на заданном расстоянии

$$C = s_1 \cdot C_M.$$

$$\text{При } \frac{x}{x_M} \leq 1; \quad s_1 = 3 \cdot \left(\frac{x}{x_M} \right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{x}{x_M} \right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{x}{x_M} \right)^2;$$

$$\text{При } 1 < \frac{x}{x_M} \leq 8; \quad s_1 = \frac{1,13}{0,13 \cdot \left(\frac{x}{x_M}\right)^2 + 1}.$$

Рассчитанные данные внесём в табл. 1.

Таблица 1 – Рассчитанные данные

X	200	400	600	800	1000
$\frac{x}{x_M}$	$\frac{200}{469} < 1$	$\frac{400}{469} < 1$	$1 < \frac{600}{469} \leq 8$	$1 < \frac{800}{469} \leq 8$	$1 < \frac{1000}{469} \leq 8$
S_I	0,58	0,97	0,93	0,82	0,71
$c(x)$	0,05	0,09	0,08	0,07	0,06

11. Находим предельно допустимый выброс

$$ПДВ = ПДК \cdot \frac{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n} = 0,15 \cdot \frac{50^2 \cdot \sqrt[3]{11,11 \cdot 75,5}}{200 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1,06} = 14,3 \text{ г/с.}$$

12. Определяем мощность выброса, соответствующую заданной максимальной концентрации (с учетом фоновой).

$$C'_M = ПДК - C_\phi = 0,15 - 0,02 = 0,13 \text{ мг/м}^3,$$

$$M' = C'_M \cdot \frac{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n} = 0,13 \cdot \frac{50^2 \cdot \sqrt[3]{11,11 \cdot 75,5}}{200 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1,06} = 12,7 \text{ г/с.}$$

13. Оценим предварительную высоту трубы

$$H'_{\min} = \sqrt{\frac{A \cdot M \cdot F}{C'_M \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}} = \sqrt{\frac{200 \cdot 9 \cdot 1}{0,13 \cdot \sqrt[3]{11,11 \cdot 75,5}}} \approx 38 \text{ м.}$$

14. С учетом $H = 38$ м определяем параметры f_1 , V_{M_1} :

$$f_1 = 10^3 \cdot \frac{3,54^2 \cdot 2}{38^2 \cdot 75,5} = 0,23;$$

$$V_{M_1} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{11,11 \cdot 75,5}{38}} = 1,82.$$

15. Уточняем коэффициенты m и n

$$m_1 = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{0,23} + 0,34\sqrt[3]{0,23}} = 1,08,$$

$$n_1 = 3 - \sqrt{(1,82 - 0,3) \cdot (4,36 - 1,82)} = 1,04.$$

16. Дальнейшие уточнения выполняем по формуле

$$H_{i+1} = H_i \cdot \sqrt{\frac{m_i \cdot n_i}{m_{i-1} \cdot n_{i-1}}};$$

$$H_1 = 38 \cdot \sqrt{\frac{1,14 \cdot 1,08}{1,08 \cdot 1,04}} \approx 40 \text{ м.}$$

$$40 - 38 = 2 \text{ м.}$$

Примечание. Уточнения производятся до тех пор, пока два последовательно найденных значения H не будут различаться менее, чем на 1 м.

$$f_2 = 10^3 \cdot \frac{3,54^2 \cdot 2}{40^2 \cdot 75,5} = 1,93;$$

$$V_{M_2} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{11,11 \cdot 75,5}{40}} = 1,83.$$

$$m_2 = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{1,93} + 0,34\sqrt[3]{1,93}} = 0,81,$$

$$n_2 = 3 - \sqrt{(1,83 - 0,3) \cdot (4,36 - 1,83)} = 1,03.$$

$$H_2 = 40 \cdot \sqrt{\frac{1,08 \cdot 1,04}{0,81 \cdot 1,03}} \approx 46 \text{ м.}$$

$$46 - 40 = 6 \text{ м.}$$

$$f_3 = 10^3 \cdot \frac{3,54^2 \cdot 2}{46^2 \cdot 75,5} = 1,44;$$

$$V_{M_3} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{11,11 \cdot 75,5}{46}} = 1,75.$$

$$m_3 = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{1,44} + 0,34\sqrt[3]{1,44}} = 0,85,$$

$$n_3 = 3 - \sqrt{(1,75 - 0,3) \cdot (4,36 - 1,75)} = 1,056.$$

$$H_3 = 46 \cdot \sqrt{\frac{0,81 \cdot 1,03}{0,85 \cdot 1,056}} \approx 45 \text{ м.}$$

$$46 - 45 = 1 \text{ м.}$$

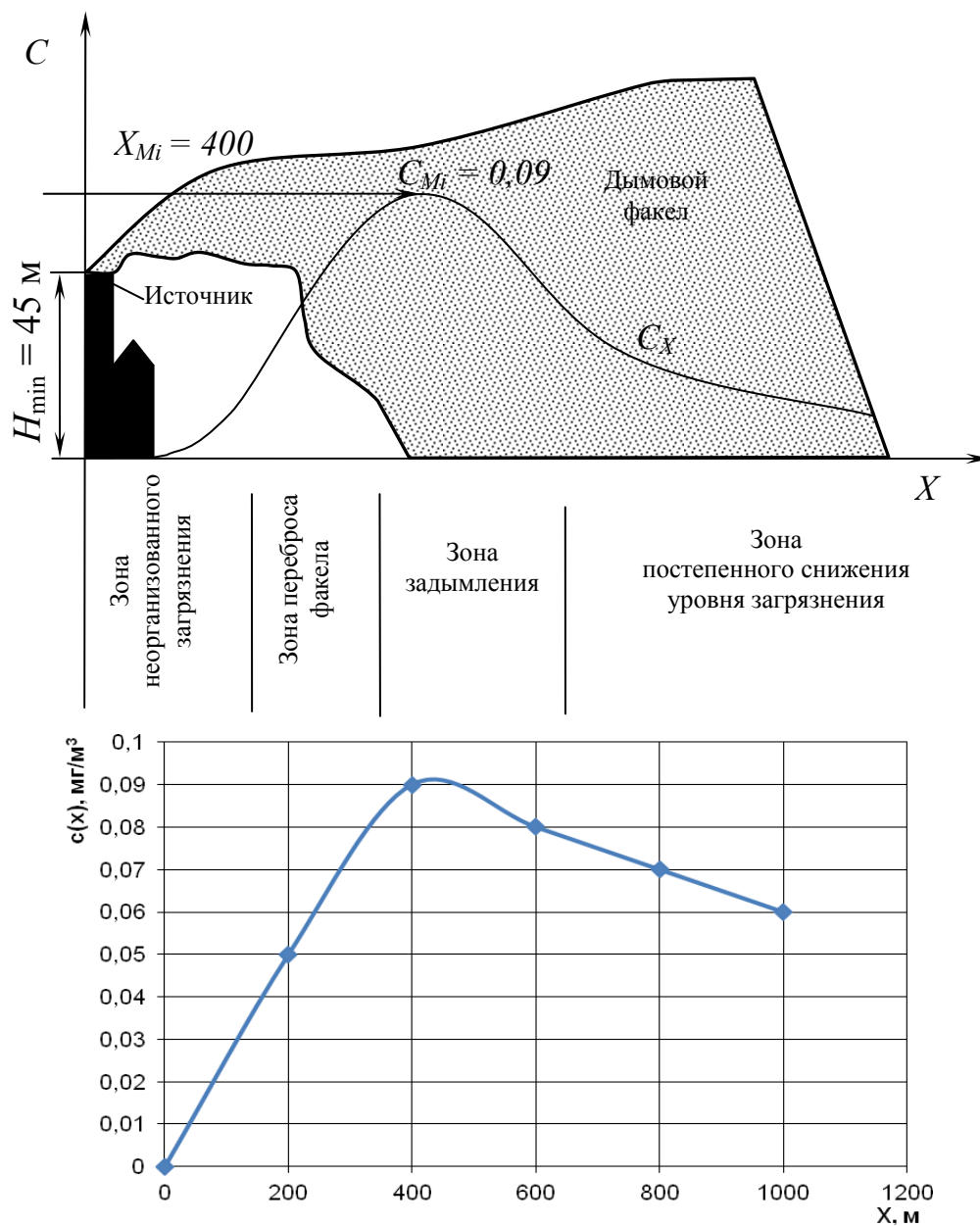


Рисунок 4.3 – Схема и график распределения концентрации вредных веществ в атмосфере над факелом

УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Для освоения материала дисциплины "Оценка воздействия объектов на окружающую среду" кроме лекционных и практических занятий значительное внимание необходимо уделять самостоятельной работе.

Основные виды самостоятельной работы студента:

1. Изучение дополнительной литературы, интернет источников.
2. Работа со справочными материалами.
3. Подготовка к поточному и итоговому контролю.
4. Выполнение самостоятельного задания.
5. Выполнение РГЗ.

Рекомендации по выполнению РГЗ даются в отдельных методических указаниях.

Выполнение самостоятельного задания заключается в написании реферата по нижеприведенным темам:

1. История развития ОВОС.
2. Оценка воздействия на окружающую среду как процесс систематического анализа и оценки экологических последствий намечаемой деятельности.
3. Организация и управление охраной окружающей среды на предприятии.
4. Оценка воздействия на окружающую среду деревообрабатывающей промышленности.
5. Стратегии охраны окружающей среды.
6. Критерии качества окружающей среды.
7. Особенности ОВОС за рубежом.
8. Шум и вибрации в окружающей среде.
9. Загрязнение среды обитания от окрасочного производства.
10. Нормирование антропогенной нагрузки на окружающую природную среду.
11. Оценка воздействия на окружающую среду при производстве бумаги.
12. Антропогенное воздействие токсикантов на окружающую среду.
13. Воздействие ТЭС на окружающую среду и способы снижения наносимого ущерба.
14. Международные организации и их роль в сфере охраны окружающей среды.
15. Этапы проведения ОВОС.
16. Мониторинг подземных вод.
17. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом.
18. Классификация примесей в сточных водах.
19. Определение степени очистки производственных сточных вод.
20. Пути уменьшения сточных вод и их загрязненности.
21. Источники загрязнения атмосферы.
22. Материальный и энергетический баланс.
23. Основы экологического районирования территорий.
24. Отходы производства и потребления.
25. Геологический круговорот воды на Земле.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Основы природопользования: экологические, экономические и правовые аспекты: учебное пособие / А. Е. Воробьев [и др.]; под ред. В. В. Дьяченко. – 2-е изд., доп. и перераб. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 544 с.
2. Промислова екологія: навч. посібник для вузів / У. У. Гутенев [та інші]; під ред. О. М. Денисова. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 719 с.
3. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) (ДСП-201-97) (Із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я N 30 (v0030282-00) від 23.02.2000), затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України від 9 липня 1997 р. N 201. – 2006. – 55 с.
4. Матвеев А. Н. Оценка воздействия на окружающую среду: учеб. пособие / А. Н. Матвеев, В. П. Самусенок, А. Л. Юрьев. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2007. – 179 с.
5. СанПиН № 4630-88 "Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами".
6. ДБН А.2.2-1-95. Состав и содержание материалов оценки воздействий на окружающую среду (ОВОС) при строительстве и проектировании предприятий зданий и сооружений. – Київ: 1996. – 12 с.
7. Комаров Е. И. Охрана окружающей среды: учебное пособие / Е. И. Комаров. – М.: Изд-во МГОУ, 2008. – 92 с.
8. Инженерная защита окружающей среды: Учебное пособие / Под ред. О. Г. Воробьева. – СПб.: Издательство «Лань», 2002. – 288 с.
9. Рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере: учеб.-метод. пособие / В. С. Децук; М-во образования Респ. Беларусь, Беларус. Гос. Ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2007. – 106 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Варианты заданий для ЗАДАЧИ 1.1

№ варианта	Кат. ВОДО- ПОЛЬЗ.	q , $\text{м}^3/\text{с}$	Q , $\text{м}^3/\text{с}$	H_{cp} , м	V_{cp} , м/с	C	L_1 , км	Условия выпуска
1	I	1,3	37	1,2	1,4	30	3,0	Береговой
2	II	1,3	37	1,2	1,4	30	2,5	Береговой
3	II	1,3	37	1,2	1,4	30	4,0	Береговой
4	I	1,5	37	1,2	1,4	30	4,5	Береговой
5	I	1,5	37	1,2	1,4	32	5,0	Береговой
6	II	1,7	37	1,2	1,4	32	2,2	Береговой
7	I	1,9	37	1,3	1,4	32	2,1	Береговой
8	II	2,1	37	1,3	1,4	32	3,1	Береговой
9	I	2,1	37	1,3	1,4	38	3,5	Береговой
10	I	2,0	37	1,3	1,4	38	3,0	Береговой
11	I	2,0	37	1,3	1,4	38	3,2	Береговой
12	II	2,3	37	1,3	1,4	38	4,2	Русловый
13	II	2,3	37	1,4	1,4	38	4,5	Русловый
14	I	1,7	37	1,4	1,4	40	3,1	Русловый
15	II	1,8	37	1,2	1,4	40	3,6	Русловый
16	I	1,6	37	1,2	1,4	48	3,8	Русловый
17	II	1,6	37	1,2	1,4	48	3,0	Русловый
18	I	1,5	37	1,2	1,4	49	4,0	Русловый
19	I	1,4	37	1,2	1,4	52	2,5	Русловый
20	I	1,4	37	1,2	1,4	52	2,8	Русловый
21	II	2,1	37	1,4	1,4	38	3,5	Береговой
22	I	2,3	37	1,3	1,4	35	3,9	Береговой
23	II	2,5	37	1,1	1,4	52	5,5	Русловый
24	I	1,9	37	1,2	1,4	40	4,1	Русловый
25	II	2,8	37	1,3	1,4	38	2,6	Русловый

Варианты заданий для ЗАДАЧИ 1.2

№ варианта	V_n , м/с	H , м	Q_0 , м ³ /с	№ варианта	V_n , м/с	H , м	Q_0 , м ³ /с
1	0,01	30	0,4	14	0,02	37	0,8
2	0,01	30	0,4	15	0,02	37	0,8
3	0,01	30	0,4	16	0,025	30	0,45
4	0,01	30	0,4	17	0,025	30	0,45
5	0,01	30	0,4	18	0,025	30	0,45
6	0,015	35	0,5	19	0,025	30	0,45
7	0,015	35	0,5	20	0,025	30	0,45
8	0,015	35	0,5	21	0,030	32	0,9
9	0,015	35	0,5	22	0,030	32	0,9
10	0,015	35	0,5	23	0,030	32	0,9
11	0,02	37	0,8	24	0,030	32	0,9
12	0,02	37	0,8	25	0,030	32	0,9
13	0,02	37	0,8				

Варианты заданий для ЗАДАЧИ 1.3

№ вар.	Q , м ³ /с	q , м ³ /с	$C_{ст}$, мг/л	$C_{ф}$, мг/л	γ	Категория водопольз-я водного объекта
1	15	0,5	200	3	0,67	Рыбохозяйственная первой категории
2	15	0,5	200	3	0,70	
3	15	0,5	200	4	0,87	
4	15	0,5	200	4	0,75	
5	15	0,5	200	2	0,95	
6	30	0,8	250	6	0,78	Рыбохозяйственная второй категории
7	30	0,8	250	6	0,69	
8	30	0,8	250	5	0,57	
9	30	0,8	250	5	0,97	
10	30	0,8	250	7	0,84	
11	40	1,2	190	5	0,80	Хозяйственно-питьевые нужды населения
12	40	1,2	190	5	0,89	
13	40	1,2	190	5	0,78	
14	40	1,2	170	4	0,69	
15	40	1,2	175	4	0,68	
16	45	1,5	160	3	0,77	Культурно-бытовые нужды населения
17	45	1,7	165	3	0,75	
18	45	1,75	180	4	0,68	
19	45	1,8	115	2	0,91	
20	45	2,0	130	2	0,90	
21	50	2,2	145	5	0,70	
22	50	2,2	145	5	0,65	
23	50	2,2	150	5	0,80	
24	50	2,2	150	5	0,85	
25	50	2,2	150	5	0,91	

Варианты заданий для ЗАДАЧИ 1.4

№ вар.	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$q, \text{ м}^3/\text{с}$	γ	$O^B, \text{ мг/л}$	$L^6_{\text{полн}}, \text{ мг/л}$	$БПК^{\text{ст}}_{\text{полн}}, \text{ мг/л}$	Категория водопольз-я водного объекта
1	20	1,1	0,63	5,5	2,0	250	Хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения
2	25	1,4	0,63	5,5	2,0	250	
3	30	1,8	0,63	5,5	2,0	250	
4	35	2,1	0,63	5,5	2,0	250	
5	40	2,4	0,63	5,5	2,0	250	
6	45	2,2	0,63	6,0	2,0	250	
7	43	2,1	0,63	6,0	2,0	250	
8	41	1,8	0,63	6,0	2,0	250	
9	39	1,6	0,63	6,0	2,0	250	
10	36	1,6	0,63	6,0	2,0	250	
11	32	1,5	0,63	6,5	2,0	300	Рыбохозяйственное назначение (летний период)
12	30	1,3	0,63	6,5	2,0	300	
13	29	1,4	0,63	6,5	2,0	300	
14	26	1,2	0,63	6,5	2,0	300	
15	25	1,3	0,63	6,5	2,0	300	
16	23	1,4	0,63	7,0	2,0	350	
17	20	1,2	0,63	7,0	2,0	350	
18	33	1,6	0,63	7,0	2,0	350	
19	29	1,6	0,63	7,0	2,0	350	
20	31	1,7	0,63	7,0	2,0	350	
21	30	1,8	0,63	5,5	2,0	250	
22	35	2,1	0,63	5,5	2,0	250	
23	40	2,4	0,63	5,5	2,0	250	
24	45	2,2	0,63	6,0	2,0	250	
25	43	2,1	0,63	6,0	2,0	250	

Варианты заданий для ЗАДАЧИ 1.5

№ вари- анта	q , $\text{м}^3/\text{с}$	Q , $\text{м}^3/\text{с}$	$v_{\text{ср}}$, $\text{м}/\text{с}$	$H_{\text{ср}}$, м	L , км	k_e	$k_{\text{сг}}$	L_B , $\text{мг}/\text{л}$	L_a , $\text{мг}/\text{л}$	Категория водопользования водного объекта
1	0,4	20	0,85	1,4	5,3	0,10	0,18	1,6	350	Хозяйственно- питьевые нужды населения
2	0,5	22	0,90	1,2	4,5	0,15	0,20	2,3	400	
3	0,6	24	0,81	1,3	3,6	0,20	0,25	1,1	330	
4	0,7	26	0,78	1,5	2,5	0,09	0,12	1,5	320	
5	0,8	27	0,85	1,9	6,4	0,13	0,15	1,3	310	
6	0,9	28	0,86	1,8	5,5	0,20	0,22	1,4	410	Коммунально- бытовые нужды населения
7	1,0	29	0,99	2,0	4,2	0,15	0,19	1,7	415	
8	1,2	30	0,56	2,3	4,3	0,10	0,15	1,8	420	
9	1,1	31	0,68	2,1	3,8	0,30	0,32	1,6	380	
10	1,3	32	0,81	1,6	3,9	0,11	0,18	1,5	370	
11	1,2	32	0,93	1,1	4,1	0,12	0,20	1,4	350	Рыбохозяй- ственные нужды
12	1,1	33	1,30	2,6	3,8	0,15	0,20	1,3	350	
13	1,0	30	1,10	2,8	3,4	0,14	0,22	1,1	400	
14	0,9	29	0,98	1,6	6,1	0,20	0,26	1,0	400	
15	0,8	28	0,96	1,8	5,5	0,25	0,30	2,2	420	
16	0,7	27	0,85	1,4	5,2	0,23	0,30	2,3	380	
17	0,6	27	0,86	1,3	4,3	0,12	0,18	1,9	370	
18	0,5	27	0,96	1,2	4,8	0,10	0,15	1,8	360	
19	0,4	26	0,91	1,9	5,1	0,20	0,30	1,4	310	
20	0,3	25	0,92	2,1	3,5	0,13	0,17	1,6	320	
21	0,5	22	0,90	1,2	4,5	0,15	0,20	2,3	400	
22	0,6	24	0,81	1,3	3,6	0,20	0,25	1,1	330	
23	1,0	29	0,99	2,0	4,2	0,15	0,19	1,7	415	
24	1,2	30	0,56	2,3	4,3	0,10	0,15	1,8	420	
25	1,1	31	0,68	2,1	3,8	0,30	0,32	1,6	380	

Варианты заданий для ЗАДАЧИ 1.6

№ вар.	Содержание веществ в сточной воде								Содержание веществ в природной воде								Кратн. разбавл.	Катег. водопольз. водн. объекта
	Ni, мг/л	Mo, мг/л	As, мг/л	Al, мг/л	Fe, мг/л	Cd, мг/л	Zn, мг/л	Cu, мг/л	Ni, мг/л	Mo, мг/л	As, мг/л	Al, мг/л	Fe, мг/л	Cd, мг/л	Zn, мг/л	Cu, мг/л		
1	1,05	0,9	0,3	1,0			1,2	2,9	0,001	0,1	0,001	0,002			0,7	0,95	59	Хозпитевые
2	1,1	0,95	0,4	1,1			1,3	2,8	0,002	0,15	0,002	0,003			0,75	0,9	65	
3	1,15	1,0			1,0	0,5	1,4	2,7	0,003	0,2			0,001	0,0015	0,8	0,85	69	
4	1,2	1,05			1,1	0,6	1,5	2,6	0,004	0,25			0,002	0,0017	0,85	0,8	71	
5	1,25	1,1			1,2	0,7	1,6	2,5	0,003	0,3			0,003	0,0018	0,9	0,75	51	
6	1,3	1,15			1,3	0,8	1,7	2,4	0,002	0,25			0,0015	0,002	0,95	0,8	61	Коммунально-бытовые
7	1,35	1,1	0,7	0,9			1,8	2,3	0,001	0,2	0,002	0,002			0,97	0,83	63	
8	1,4	1,0	0,6	1,0			1,9	2,2	0,001	0,15	0,0018	0,0025			0,95	0,85	68	
9	1,45	0,9	0,5	1,1			2,0	2,25	0,002	0,12	0,0015	0,0028			0,93	0,87	54	
10	1,5	0,95	0,4	1,2			2,1	2,15	0,003	0,1	0,0017	0,0021			0,87	0,92	53	
11	1,45	1,15			1,2	0,3	2,2	2,1	0,004	0,12			0,001	0,002	0,85	0,93	68	
12	1,4	1,2			1,1	0,4	2,3	2,0	0,005	0,15			0,0015	0,0019	0,83	0,95	72	
13	1,35	1,25			1,0	0,5	2,4	2,4	0,004	0,17			0,0017	0,0017	0,8	0,97	62	
14	1,3	1,3			0,9	0,6	2,5	2,3	0,003	0,2			0,002	0,0015	0,79	0,94	63	
15	1,25	1,25			0,8	0,7	2,6	2,2	0,002	0,21			0,003	0,0015	0,77	0,92	69	
16	1,2	1,2			0,9	0,8	2,7	2,1	0,001	0,23			0,004	0,002	0,75	0,90	72	Рыбохоз-во 1-й категории
17	1,15	1,15			1,1	0,9	2,8	2,0	0,0015	0,25			0,002	0,0021	0,8	0,80	73	
18	1,12	1,12	0,9	1,0			2,9	2,15	0,002	0,2	0,0017	0,002			0,85	0,85	61	
19	1,1	1,15	1,0	1,12			3,0	2,19	0,003	0,17	0,0018	0,0018			0,9	0,87	63	
20	1,05	1,1	1,1	1,23			3,1	2,2	0,001	0,15	0,0019	0,0019			0,92	0,88	69	
21	1,4	1,0	0,6	1,0			1,9	2,2	0,001	0,15	0,0018	0,0025			0,95	0,85	68	
22	1,35	1,25			1,0	0,5	2,4	2,4	0,004	0,17			0,0017	0,0017	0,8	0,97	62	
23	1,3	1,3			0,9	0,6	2,5	2,3	0,003	0,2			0,002	0,0015	0,79	0,94	63	
24	1,05	0,9	0,3	1,0			1,2	2,9	0,001	0,1	0,001	0,002			0,7	0,95	59	
25	1,1	0,95	0,4	1,1			1,3	2,8	0,002	0,15	0,002	0,003			0,75	0,9	65	

Варианты заданий для ЗАДАЧИ 3.1
Данные для построения карты гидроизогипс

Номер скважины или шурфа	Абс. отметка устья, м	Глубина залегания статического уровня от устья по вариантам, м																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Скважины																										
1	88,3	3,3	3,5	3,7	3,0	2,8	3,9	4,2	4,0	4,5	4,3	3,0	3,3	3,5	3,7	4,2	4,0	4,5	4,7	4,0	3,8	2,8	2,1	1,9	3,0	3,3
2	92,1	5,1	5,3	5,5	4,8	4,6	5,7	6,0	5,8	6,3	6,1	4,8	5,1	5,3	5,5	6,0	5,8	6,3	1,6	0,9	0,7	4,6	1,0	1,7	2,8	3,1
3	90,8	4,3	4,5	4,7	4,0	3,8	4,9	5,2	5,0	5,5	5,8	4,0	4,3	4,5	4,7	5,2	5,0	5,5	5,0	4,3	4,1	1,5	0,8	0,6	1,7	2,0
4	83,0	1,2	1,4	1,6	0,9	0,7	1,8	2,1	1,9	2,4	2,2	0,9	1,2	1,4	1,6	2,1	1,9	2,4	4,4	3,7	3,5	3,3	3,5	3,7	3,0	2,8
8	91,5	4,6	4,8	5,0	4,3	4,1	5,2	5,5	5,3	5,8	5,6	4,3	4,6	4,8	5,0	5,5	5,3	5,8	1,8	2,1	5,5	5,1	5,3	5,5	4,8	4,6
9	91,0	4,0	4,2	4,4	3,7	3,5	4,6	4,9	4,7	5,2	5,0	4,0	4,2	4,4	3,7	3,5	3,3	3,5	3,7	3,0	4,9	4,3	4,5	4,7	4,0	3,8
10	84,9	2,4	2,6	2,8	2,1	1,9	3,0	3,3	3,1	3,6	3,4	2,4	2,6	2,8	2,1	1,9	5,1	5,3	5,5	4,8	3,3	1,2	1,4	1,6	0,9	0,7
16	88,2	2,2	2,4	4,6	1,0	1,7	2,8	3,1	2,9	3,4	3,2	2,2	2,4	4,6	1,0	1,7	4,3	4,5	4,7	4,0	3,1	4,6	4,8	5,0	4,3	4,1
17	83,1	1Д	1,3	1,5	0,8	0,6	1,7	2,0	1,8	2,3	2,1	1Д	1,3	1,5	0,8	0,6	1,2	1,4	1,6	0,9	2,0	4,0	4,2	4,4	3,7	3,5
Шурфы																										
1	87,3	2,8	3,0	3,2	2,5	2,3	3,4	3,7	3,5	4,0	3,8	3,5	4,0	3,8	4,7	4,5	2,8	3,0	3,2	2,5	2,3	3,4	4,9	4,7	5,2	5,0
2	92,4	5,0	5,2	5,4	4,7	4,5	5,6	5,9	5,7	6,2	6,0	5,7	6,2	6,0	3,7	3,5	5,0	5,2	5,4	4,7	4,5	5,6	5,5	5,8	5,8	5,6
3	87,0	4,0	1,2	4,4	3,7	3,5	4,6	4,9	4,7	5,2	5,0	4,9	4,7	5,2	5,0	2,8	3,0	3,2	2,5	2,3	1,2	4,4	3,7	3,5	4,6	3,7
4	91,6	4,6	4,8	5,0	4,3	4,1	5,2	5,5	5,8	5,8	5,6	5,5	5,8	5,8	5,6	5,0	5,2	5,4	4,7	4,5	4,8	5,0	4,3	4,1	5,2	4,3

Варианты заданий для ЗАДАЧИ 3.2
Результаты химического анализа природных вод, мг/дм³

Показатель	Вариант задания																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Содержание макрокомпонентов																									
	2	1	20	11	9	1	1,5	4	1	3	20	12	9	5	2	1	20	11	4	1	3	11	9	1	1,5
	32	7	29	18	78	12	32	42	14	55	29	18	78	12	32	7	29	18	42	14	55	18	78	12	32
	75	59	106	87	89	42	32	90	100	21	116	82	89	45	75	59	106	87	90	100	21	87	89	42	32
	35	16	25	46	24	33	8	37	37,5	5	25	46	24	33	35	16	25	46	37	37,5	5	46	24	33	8
	281	163	117	315	276	296	164	366	336	11	117	315	276	296	281	163	117	315	366	336	11	315	276	296	164
	134	63	207	75	83	2	53	73	134	3	207	75	83	2	134	63	207	75	73	134	3	75	83	2	53
	23	19,5	73	119	125	31	33,5	65,5	12,5	136	73	120	127	32	23	19,5	73	119	65,5	12,5	136	119	125	31	33,5
Содержание микрокомпонентов																									
	0,03	0,02	0,01	0,07	0,01	0,10	0,02	0,01	0,03	0,02	0,07	0,01	0,10	0,02	0,02	0,01	0,07	0,01	0,10	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,07
	0,1	0,2	0,1	0,2	0,5	0,1	0,2	0,1	2,0	0,1	0,2	0,5	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,5	0,1	0,2	0,2	0,1	2,0	0,1	0,2
	0,05	0,7	0,05	0,02	0,02	0,02	0,05	0,03	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,7	0,05	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05	0,03	0,05	0,02	0,02
	0,2	0,1	1,0	2,0	0,05	0,5	7,0	2,0	0,5	0,5	2,0	0,05	0,5	7,0	0,1	1,0	2,0	0,05	0,5	7,0	7,0	2,0	0,5	0,5	2,0
	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001
	2,0	1,0	0,5	0,5	2,0	0,2	0,1	0,5	2,0	0,1	0,5	2,0	0,2	0,1	1,0	0,5	0,5	2,0	0,2	0,1	0,1	0,5	2,0	0,1	0,5
	0,5	0,5	1,5	2,0	0,5	9,0	1,5	0,5	0,5	9,0	2,0	0,5	9,0	1,5	0,5	1,5	2,0	0,5	9,0	1,5	1,5	0,5	0,5	9,0	2,0
	5,0	10,0	15,0	5,0	10,0	15,0	5,0	15,0	10,0	5,0	5,0	10,0	15,0	5,0	10,0	15,0	5,0	10,0	15,0	5,0	5,0	15,0	10,0	5,0	5,0
	0,05	0,07	0,2	0,3	0,05	0,05	0,07	0,03	0,5	0,05	0,3	0,05	0,05	0,07	0,07	0,2	0,3	0,05	0,05	0,07	0,07	0,03	0,5	0,05	0,3
Другие показатели																									
	7,4	7,7	5,7	7,2	5,7	8,0	5,2	7,1	7,2	7,0	8,0	5,2	7,1	7,2	7,4	7,7	5,7	7,2	5,7	5,2	7,1	7,2	7,0	8,0	5,2
	8,2	0,9	3,2	2,6	17,4	1,9	21,4	1,6	9,4	7,1	1,9	21,4	1,6	9,4	8,2	0,9	3,2	2,6	17,4	21,4	1,6	9,4	7,1	1,9	21,4
	9	8	10	11	12	8	8	9	10	15	8	8	9	10	9	8	10	11	12	8	9	10	15	8	8

Варианты заданий для ЗАДАЧИ 4.1

№ варианта	Высота трубы H , м	Размер устья трубы D , м	Объем газовоздушной смеси V_1 , м ³ /с	Валовой выброс M , г/с	Средняя температура наиболее жаркого месяца T_6 , °С	Температура выходящих газов T_2 , °С	Скорость ветра u , м/с	C_{ϕ} , мг/м ³	$C_{ПДК}$, мг/м ³	Пункт нахождения предприятия
1	30	1,0	12,0	8	25,0	100	0,5	0,1	0,25	Украина (от 50° до 52° с.ш.)
2	35	1,1	12,5	6	22,8	80	0,6	0,1	0,20	Читинская обл.
3	40	1,3	13,0	7	22,4	90	0,7	0,1	0,25	Урал от 50° до 52° с. ш.
4	45	1,2	13,5	8	28,5	120	0,8	0,1	0,30	Казахстан
5	50	1,4	14,0	9	22,5	140	0,9	0,12	0,40	Томск
6	55	1,3	15,0	10	15,0	130	1,0	0,12	0,50	Сибирь
7	60	1,2	11,0	11	22,0	110	1,1	0,12	0,45	Молдова
8	65	1,3	10,5	12	23,0	100	1,2	0,12	0,35	Урал
9	70	1,4	10,0	11	25,7	110	1,3	0,1	0,25	Украина (от 50° до 52° с.ш.)
10	75	1,3	9,5	10	23,6	120	1,4	0,1	0,40	Московская обл.
11	30	0,8	10,0	5	23,2	90	1,5	0,11	0,45	Среднее Поволжье
12	35	0,9	10,5	7	26,0	120	1,6	0,11	0,50	Украина (южнее 50° с.ш.)
13	40	1,5	11,0	12	22,6	130	1,7	0,11	0,30	Бурятия
14	45	1,6	15,0	9	14,6	80	1,8	0,08	0,35	Дальний Восток
15	50	1,6	14,0	10	25,1	90	1,9	0,08	0,45	Украина (от 50° до 52° с.ш.)
16	55	0,6	13,5	5	30,0	100	2,0	0,08	0,50	Средняя Азия
17	60	0,9	13,0	11	22,5	110	2,1	0,08	0,35	Урал от 50° до 52° с. ш.
18	65	1,6	12,5	9	27,7	90	2,2	0,05	0,25	Украина (от 50° до 52° с.ш.)
19	70	1,8	12,0	8	17,4	80	2,3	0,05	0,30	Калужская обл.
20	75	2,0	9,0	12	29,6	100	2,4	0,11	0,45	Казахстан
21	90	0,8	12,5	8	26,6	120	0,8	0,1	0,35	Нижнее Поволжье
22	85	0,9	13,0	9	24,6	140	0,9	0,11	0,25	Рязанская обл.
23	80	1,5	13,5	10	22,1	130	1,0	0,1	0,40	Читинская обл.
24	90	1,6	14,0	11	16,0	110	1,1	0,12	0,45	Дальний Восток
25	95	1,6	15,0	12	27,5	100	1,2	0,12	0,50	Украина (южнее 50° с.ш.)

Примечание: 1) Степень очистки для рассматриваемых веществ 90%;

3) Коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности $\eta = 1$

Данные по коэффициенту стратификации *A*

Территория	Коэффициент <i>A</i>
Субтропические зоны Средней Азии (лежащие южнее 40° с.ш.), Бурятия, Читинская область	250
Для европейской территории РФ южнее 50° с.ш., Нижнее Поволжье, Кавказ, Сибирь, Дальний Восток и остальные районы Средней Азии, Молдова, Казахстан	200
Для европейской территории РФ и Урала от 50 до 52° с. ш.	180
Север и Северо-Запад европейской территории РФ (севернее 52° с.ш.), Среднее Поволжье, Урал	160
Украина. Для расположенных на Украине источников высотой менее 200 м: - в зоне от 50° до 52° с.ш. - а южнее 50° с.ш.	180 200
Центральная части европейской территории РФ: Московская, Тульская, Рязанская, Владимирская, Калужская, Ивановская области	140

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та самостійної роботи
з дисципліни

«ОЦІНКА ВПЛИВУ ОБ'ЄКТІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ»

*(для студентів 5-6 курсів денної та заочної форм навчання спеціальності
7.06010302 – Раціональне використання і охорона водних ресурсів)*

(рос. мовою)

Укладач: **КОВАЛЬОВА** Олена Олександрівна

Відповідальний за випуск: проф. кафедри ВВ і ОВ, д.т.н. *С. С. Душкін*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *О. О. Ковальова*

План 2013, поз. 92М

Підп. до друку 20.01.2014р.

Формат 60x84/16

Друк на ризографі.

Ум. друк. арк. 4,5

Тираж 50 пр.

Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4705 від 28.03.2014 р.